

HACIA UNA ADAPTACIÓN SOSTENIBLE DEL CASERÍO VASCO

Experimentación hacia directrices de intervención para una rehabilitación equilibrada a través de un método extrapolable en un caso de estudio de la Reserva de Biosfera de Urdaibai

TOWARDS A SUSTAINABLE ADAPTATION OF BASQUE FARMHOUSES

Experimentation towards guidelines of intervention for a balanced retrofit in a case study of the Urdaibai Biosphere Reserve by a method that can be extrapolated

Autor	Ugaitz Gaztelu Onaindia
Director	Alberto Ustarroz Calatayud (UPV/EHU, Dpto. Arquitectura)
Codirector	Emanuele Naboni (KADK, Institute of Technology)
Centro	EHU. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de San Sebastián
Año	2016

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Baserria
Etzetik hoinbertze gazte
kanporat zorion eske
zoraturik bazoazte.
Bizi moduak behartuz edo
etxea ez aski maite?
Gure faltaz balezate
arrotzek etxea bete,
hobendun haundi gintaizke. (Xalbador)

I - O, baserritxo, artuko dezu
biotz barrenetikan min,
eskerrak mirik ez dezu eta
ezin dezu gaur itzegin;
zenbait fameli azi dezuen
Jainkuak bakarrik jakin,
orain bakarrik uzten zaituzte,
ondotik danak aldegin.

II- Zeure semiak estaltzen artu
dezu amaika endrero,
zure babesez gordetzen ziran
egunero ta gauero;
oinbat fabore egin dezu ta
ta esker txar ori gero.
o, baserriya, gaizki zaude gaur
ondo pentsatu ezker.

III- Zuk eman dezu ainbat aurtxoren
babesa eta epela,
ikusten zaitut gaur egunean
eskerrik gabe zaudela;
bertsolaria minberatzen de
zu ikustian onela,
gaur basarri au ikusten det nik
gure euskera bezela. (Lazkao Txiki)

Min det egiaz utzi bearra
Baserria...
Artaldeari labaina sartu.
Atzen pagoak orpotik moztu,
Etxeko tresnak erre edo saldu,
Arbaso zarren sua itzaldtu,
Ategañeko sarrail nagia
Erdoitzen utzi...
Iturria jan osiñak;
Untzak orma zar berdiñak.
Gurdibideak urak ebaki...
Mindura au zer dan
Pasa duanak bakarrik daki!
(Lekuona 1972)

RESUMEN

El *baserri* es el caserío tradicional de los labradores vascos y uno de los patrimonios construidos más relevantes del paisaje rural vasco. Un edificio compacto con una clara vocación estructural de aislamiento que alberga espacios de vivienda, establo, taller y granero y que ha reinado en las zonas rurales del País Vasco húmedo a lo largo de más de 500 años. Sin embargo, el impacto de la industrialización del siglo XIX conlleva la decaída de esta construcción, a la cual la sociedad vasca todavía no ha sabido responder y por lo que la conservación de este valor cultural, histórico y simbólico corre un serio peligro.

Esta tesis doctoral pretende realizar una mirada hacia el futuro del caserío vasco; hacia una preservación de calidad a través de una adaptación sostenible y respetuosa del mismo. En este sentido, se propone partir de una nueva visión territorial, en la que el caserío se convierte en un nodo multifuncional de gran valor patrimonial capaz de albergar distintos usos territoriales y que a la vez permite disminuir la huella medioambiental de los paisajes rurales.

Con ese objetivo, se experimenta a través de un método extrapolable que concluye en unas directrices de intervención para una rehabilitación energéticamente eficiente y respetuosa en términos patrimoniales. Una herramienta útil acorde a las claves expuestas, que es parte de un largo recorrido hacia ese objetivo común de revertir la situación actual y ofrecer oportunidades de futuro para el caserío.

* Palabras clave:

Adaptación sostenible, Patrimonio construido, Rehabilitación energética, Eficiencia energética, Escenarios de uso, Estudios paramétricos

ABSTRACT

The *baserri* is the vernacular farmhouse of the Basque Country and it is considered to be one of the most important built heritages of the Basque rural landscape. Living spaces, stable, barn and workplace are gathered in the same compact and self-sufficient building that has prevailed in the wet rural areas of the Basque Country for over 500 years. However, the effects of industrialization of 19th brought the devaluation of this construction. Since then the Basque society has been unable to respond and the conservation of this cultural, historic and symbolic value has seriously endangered.

This doctoral thesis tries to look towards the future of the Basque farmhouses; towards a quality preservation by its sustainable and respectful adaptation. In this sense, a new territorial view is proposed, where the farmhouses are considered as multifunctional nodes with high heritage value which are able to hold new territorial uses and can provide an important reduction of environmental impact of Basque rural landscapes.

With this aim, the experimentation of this research work is based on a method which identifies some intervention guidelines for an energy efficient and heritage sensitive retrofit. A useful tool which can be extrapolated and which is part of a path towards the common objective to revert the current situation and to offer new possibilities for the Basque farmhouses.

*Keywords:

Sustainable adaptation, Built Heritage, Energy Retrofit, Energy Efficiency, User Scenarios, Parametric Studies

 EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO INGURUMEN, LURRALDE PLANGINTZA, NEKAZTZA BIODIBERTSITATERAKO ETA INGURUMEN PARTAIDETZARAKO ZUZENDARITZA DIRECCIÓN DE BIODIVERSIDAD Y PARTICIPACIÓN AMBIENTAL Urdaibai Biosfera Erreserbako Zaingo Batzordea Patronato de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai	
2011 EKA. 30 Urdaibai Biosfera Erreserbaren bulego tekniko Oficina técnica de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai	
SARRERA	IRTEERA
Zk.	Zk. - 277427-

Ugaitz Gaztelu Onaindia

Profesor Colaborador Honorífico

Post Graduado Diploma en el máster *Advanced Environmental and Energy Studies*

Gaztelu jaun agurgarria,

Estimado señor Gaztelu,

Urdaibai Biosfera Erreserbako Baserrien mantenuari buruz garatu behar duzun Doktoretza Tesia eta ikerlanak, dirudienez, lurralde eremu horretan dauden baserrien gaur egungo gainbehera egoerari buruzko ikerketa sakon bat aurreikusten duela ikusirik, Urdaibai Biosfera Erreserbaren bulego teknikotik zera adierazi nahi genizuke:

A la vista de su proyecto de Tesis Doctoral sobre la preservación del caserío vasco dentro de la Reserva de la Biosfera del Urdaibai, en la que al parecer se analizaría en profundidad la situación que se deriva del abandono de los caseríos en este territorio, desde la oficina técnica de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai queremos transmitirle lo siguiente:

Proposaturiko ikerketa lana oso interesgarria iruditzen zaigu, Erreserbaren helburuen alorrean baitago. Batez ere, baserrien gaur eguneko egoera hobetzeko soluzio tekniko eta sozialak eskaintzeko ideia oinarrian baitu. Halaber, planteatutako gaia, *University of East London (UEL)*eko *Centre for Alternative Technologies (CAT)* kanpusean ematen den *Advanced Environmental and Energy Studies* Mastererako garatzen ari zaren tesinaren ikerketa lerroan datzala ikusirik, gailentasun garrantzitsuko Doktoretza Tesia dela ulertzen dugu.

Dado que el estudio podría ofrecer la posibilidad de encontrar soluciones tanto técnicas como sociales aplicables a dicha situación, consideramos el tema de gran interés dentro de los objetivos de la Reserva. Así mismo entendemos que su Tesis Doctoral adquiere mayor relevancia por compartir la línea de investigación iniciada en la tesina que está usted realizando para el Máster *Advanced Environmental and Energy Studies* del campus *Centre for Alternative Technologies (CAT)* de *University of East London (UEL)*.

Horregatik guztiagatik, Urdaibai Biosfera Erreserbaren bulego teknikotik zure Doktoretza Tesia garatzeko gure borondate on eta ahal den neurriko kolaborazioa adierazi nahi dizugu.

Por todo ello desde la Oficina Técnica de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai queremos transmitirle nuestra disposición y colaboración, en la manera de lo posible, para el desarrollo de su Tesis Doctoral.

Besterik gabe,

Atentamente,

Fdo.: JON ASUA ABERASTURI, Izpta.

URDAIBAI BIOSFERA ERRESERBAREN BULEGO TEKNIKOA /

OFICINA TÉCNICA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE URDAIBAI

Udeta Jauregia, Gernika-Lumo Errep. z/g - Tef. 94 625 71 25 - Fax 94 625 72 53 - 48300 Gernika-Lumo (Bizkaia)

Fig. 1. Letter of the interest of the Board of the Biosphere Reserve of Urdaibai in this doctoral thesis. 06.30.2011

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi gratitud a todos aquellos que me han ayudado a completar esta tesis doctoral. En el primer lugar le quiero agradecer a Kontxi Ibarluzea y Marije por su inagotable paciencia y por haber abierto las puertas del caserío Torre y Barrenetxe para realizar los estudios que se exponen en este trabajo. Agradezco también al Patronato de la Reserva de Biosfera de Urdaibai, en especial a Jon Asua, por su interés y colaboración en esta tesis doctoral -véase Fig. 1-.

Asimismo le quiero dar las gracias de manera especial al director de esta tesis, al catedrático Don Alberto Ustarroz Calatayud (EHU-UPV), por guiarme en los momentos más difíciles y por su continuo apoyo. Muestro mi más sincero agradecimiento por haber aceptado realizar la tesis doctoral bajo su dirección.

Además me gustaría agradecer de verdad al codirector de la tesis, al doctor Emanuele Naboni (KADK) por haberme guiado en un momento tan crucial y en especial por haberme abierto las puertas del Institute of Technology de la Royal Academy of Fine Arts. Ha sido una experiencia inolvidable en la que he podido gozar de un ambiente académico inmejorable. Muchas gracias.

No me gustaría dejar pasar la oportunidad de agradecer a mis colegas de Dinamarca, al doctor Daniel Lee, a Raffa y a Antonio Malcangi. Gracias por regalarme una sonrisa todos los días y por haberme ayudado en la medida de lo posible con esta tesis doctoral. Os mando un fuerte abrazo.

Además me gustaría mostrar mi gratificación por haber sido tutorizado durante estos 6 años por profesores de la talla del catedrático en arqueología, Don Agustín Azkarate (EHU-UPV) y Tim Coleridge del Centre for Alternative Technologies (University of East London). Además, le mando un agradecimiento muy especial a Don Luis Acuña Rello, profesor de Tecnología de la

AKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my thankfulness to all those that helped me to carry out this doctoral thesis. First of all, I want to thank Kontxi Ibarluzea and Marije for their endless patience and for opening the doors of Torre and Barrenetxe farmhouses so that I could be able to conduct the current studies that are shown within this work. I am so pleased with the The Board of Urdaibai Biosphere Reserve as well, especially with Jon Asua, due to his interest and willingness to cooperate in this doctoral thesis -see Fig. 1-.

In the same vein, I want to give thanks in a special way to this thesis director, Professor Alberto Ustarroz Calatayud (EHU-UPV), for guiding me through the hardest moments and for his continuous support. I express my most sincere thankfulness for accepting to complete the doctoral thesis under his direction.

Besides, I would like to express my deepest gratitude to the associate thesis director, doctor Emanuele Naboni (KADK) for leading me in a really turning point and specially for opening the doors of "The Institute Of Technology Of The Royal Academy Of Fine Arts". It has been an unforgettable experience, in which I enjoyed an unbeatable academic atmosphere. Thank you very much.

I would not like to let pass the opportunity to give my sincerest thanks to my Denmark's mates, Dr. Daniel Lee, Raffaele and Antonio Malcangi. Thank you for make me smile every day and for helping me as much as possible you could with this doctoral thesis. I send you my best regards and a huge hug.

In addition, I would like to show my gratitude for being tutored during this 6 years for high-standard teachers like the professor in archeology Mr. Agustin Azkarate (EHU-UPV) and Tim Coleridge of the Centre for Alternative Technologies (University Of East London). Furthermore, I send a very special thank to Dr. Luis Acuña Rello, lecturer of

Madera de la ETS del departamento de Ingenierías Agrarias, por ayudarme tanto con los análisis de madera, ojalá algún día le pueda devolver el favor de la mejor forma posible.

Me siento profundamente en deuda con mis amigos y colegas de profesión Urtzi Llano, Peio Zarrabeitia, Amy Clancy, miembros de la “ARKIBAI elkarte” y especialmente a Iñigo Baños; sabes que eres una parte esencial de este trabajo. Nunca lo olvidaré; eskerrik asko. Pero sobre todo con los hermanos arquitectos Blas Beristain y Jorge Rodríguez. Blas, muchas gracias por la continua motivación y ayuda, y por estar juntos a lo largo de todas las investigaciones, y Jorge a ti, por la inagotable paciencia y apoyo que me has mostrado durante estos años. Nada de esto hubiera sido posible sin vuestro apoyo y ayuda profesional y personal.

Tampoco me puedo olvidar de los amigos que durante tanto tiempo me han ayudado y motivado. Gracias a todos los que en algún momento me han apoyado, a los amigos de siempre de nuestra cuadrilla, y en especial a Oihane por haber sido el bastón que necesitaba durante una parte de este viaje y a ti Ima, Eskerrik asko. Gracias por apoyarme, por ayudarme con las tareas más fangosas y por estar ahí constantemente.

Para finalizar, el agradecimiento más profundo y sincero con todo mi corazón a mis padres, a mis hermanos, y en especial a la más especial de todas por ser el apoyo que necesito, por su colaboración e inspiración y sobre todo, paciencia. Sin ti esto no sería posible, cada hoja de este documento tiene una parte de ti.

Sin todos ellos habría sido imposible llevar a cabo todo lo realizado. Eskerrik asko! Muchas gracias! Thank you!

Wooden Technology at ETS, within the department of Agrarian Engineering, for helping me with the wood analysis. Hopefully, someday I might be able to give back the favor in the best possible way.

I am deeply indebted to my friends and profession mates Urtzi Llano, Peio Zarrabeitia, Amy Clancy, members of “ARKIBAI association” and especially to Iñigo Baños; you are an important part of this work. I will never forget this; eskerrik asko. But above all, to my architect brothers Blas Beristain and Jorge Rodríguez. Blas, thank you very much for the continuous motivation and help, and being together along all the research, and Jorge thanks to you, for your limitless patience and the support that you have given to me during all these years. Nothing of this would be possible without your support and professional and personal help.

I cannot forget either the friends that during such a long time have helped and motivated me. Thank you to all that in some moment and somehow have supported me, to our cuadrilla and in a special way to Oihane for being the cane that I needed to support on during a big part of this run, and for you Ima, eskerrik asko. Thank you very much for supporting me, for helping me with the touchiest tasks and for being there continuously.

In order to finish, my deepest and most sincere thankfulness with all my heart to my parents, my brothers and specially to the most special one among all, for being the support that I need, for her cooperation and inspiration and above all, patience. Without you, this would never have been possible. Within each of this sheet there is a part of you.

Without them all, it would never have been possible to carry out all that has been done. Eskerrik asko! Muchas gracias! Thank you!

ESTUDIOS PREVIOS DEL AUTOR

Esta tesis doctoral es fruto de un recorrido que nace desde las investigaciones desarrolladas en el año 2010 por el autor para el máster “*Msc Architecture: Advanced Environmental and Energy Studies*” del Centre for Alternative Technologies [University of East London] de Galés, Reino Unido. En este centro se desarrollan varios estudios sobre la rehabilitación energética del caserío y se culmina el curso con el trabajo fin de máster sobre “*Guidelines for Refurbishment of baserris*” (Gaztelu 2011) que cuenta con el apoyo del Patronato de la Reserva de Biosfera de Urdaibai (Fig. 1) y que está dirigido por Tim Coleridge

En el año 2012 el Gobierno Vasco a través del Departamento de Arquitectura de la Universidad del País Vasco concede una beca predoctoral al autor para desarrollar esta tesis doctoral. Así en ese mismo año se defiende un segundo trabajo fin de máster sobre la “*Diagnosis técnica extrapolable del caserío vasco*” para el máster universitario en “*Rehabilitación, Restauración y Gestión Integral del Patrimonio Construido y de las Construcciones Existentes*” de la U.P.V. con la dirección del catedrático Don Alberto Ustarroz y la codirección del catedrático Agustín Azkarate.

En octubre de este mismo año se presenta en el congreso internacional “Technoheritage” sobre “*Science and Technology for the conservation of Cultural Heritage*” de Santiago de Compostela, España, el acta de conferencia “*the protection of the baserri as a system for organizing rural landscapes in the context of the urban sprawl processes: the “SLaM” model versus the utopia of “smart cities”*”.

Asimismo en el año 2013 el autor desarrolla un estudio sobre “*Rehabilitación energética del caserío vasco: recomendaciones para las exigencias energéticas de las nuevas normativas*” para el Patronato de la Reserva de Biosfera de Urdaibai y se presenta la publicación “*The protection of the*

AUTHOR'S PREVIOUS STUDIES

This doctoral thesis is another step in the path towards a quality preservation of baserris which starts in 2010 with the research works carried out by the author during the “*Msc in Architecture: Advanced Environmental and Energy Studies*” in the Centre for Alternative Technologies [University of East London] in Wales, United Kingdom. During the stay in this campus, the author develops many reports about the energy retrofit of the Basque farmhouses and a Msc thesis about “*Guidelines for refurbishment of baserris*” which is supervised by Tim Coleridge and is supported by the Board of the Biosphere Reserve of Urdaibai.

In 2012 the Basque Government awards a grant to the author through the Department of Architecture of the University of the Basque Country [EHU-UPV] in order to develop this PhD Thesis. This way, in September of this year the author defends a second Msc Thesis about “*Energy refurbishment of baserris: looking for an extrapolated model of diagnosis*” for the official master in “*Refurbishment, Restoration and Comprehensive management of built heritage*” of the EHU-UPV. This research work is supervised by the professors Alberto Ustarroz and Agustín Azkarate.

In October of this year the author also participates in the conference paper about “*The protection of the baserri as a system for organizing rural landscapes in the context of the urban sprawl processes: the “SLaM” model versus the utopia of “smart cities”*” for Technoheritage 2012; the international congress about “*Science and Technology for the conservation of Cultural Heritage*” in Santiago Compostela, Spain

In 2013 a report is developed for the Board of the Biosphere Reserve of Urdaibai about “*Energy retrofit of Basque farmhouse: guidelines of the energy requirements of the new regulations*”. During this year he also publishes a conference paper about “*The protection of the baserri as an energy efficient*

baserri as an energy efficient building: the optimized insulation strategy” en la conferencia internacional Stremah en “*Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture*” de New Forest.

Durante los primeros meses de 2015 el autor realiza una estancia internacional de tres meses en Institute of Architectural Technology en “The Royal Danish Academy of Fine Arts, Schools of Architecture, Design and Conservation”, donde trabaja con doctor Emanuele Naboni, el codirector de esta tesis doctoral, y doctor Ola Wedebrunn. Así publican conjuntamente el trabajo “*User scenarios in balanced retrofit: the case of baserri*” para la 31ª conferencia internacional de PLEA sobre “*Architecture in (R)evolution*” en Bologna, Italia.

Por lo tanto se concluye que esta tesis doctoral es un paso más de este recorrido de investigación hacia la adaptación respetuosa y sostenible del caserío.

building: the optimized insulation strategy” for STREMAH 2013, the 13th international conference about “*Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture*” which takes place in New Forest, England.

In the beginning of 2015 the author does a 3 months period international internship in the Institute of Architectural Technology of The Royal Danish Academy of Fine Arts, Schools of Architecture, Design and Conservation in Copenhagen, Denmark, where he works with the Dr. Emanuele Naboni, the co-director of the PhD thesis, and with Dr. Ola Wedebrunn. This way they develop and publish a conference paper about “*User scenarios in balanced retrofit: the case of baserri*” for the 31st International PLEA conference about “*Architecture in (R)evolution*” in Bologna, Italy.

In conclusion, this doctoral thesis is just another step of this path towards the sensitive and sustainable adaptation of the Basque farmhouses.

INDICE

1. PREFACIO	17
1.1. CONCIENCIACIÓN EN EL SIGLO XX	20
1.2. HIPÓTESIS	21
1.3. PATRIMONIO Y ENERGÍA: EL BINOMIO EN EL CASERÍO	23
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	29
2. ESTRUCTURA	33
2.1. CASERÍO VASCO	35
2.2. CLAVES PARA UNA ADAPTACIÓN SOSTENIBLE Y RESPETUOSA	35
2.3. METODOLOGÍA DE EXPERIMENTACIÓN	35
2.4. DIAGNOSIS DEL CASERÍO	36
2.5. EL ROL DE USO EN LA DEMANDA ENERGÉTICA DEL CASERÍO	36
2.6. ESTRATEGIAS ENERGÉTICAS PARA LA ADAPTACIÓN DEL CASERÍO	37
2.7. DIRECTRICES DE INTERVENCIÓN ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES Y SENSIBLES AL PATRIMONIO	37
2.8. CONCLUSIONES	38
3. EL CASERÍO VASCO	39
3.1. DEFINICIÓN	41
3.2. PRODUCTO DE UN ESTILO DE VIDA	41
3.3. EL CASERÍO COMO SÍMBOLO	42
3.4. EXTENSIÓN GEOGRÁFICA	43
3.5. ANTECEDENTES Y NACIMIENTO	43
3.6. TRANSFORMACIÓN DEL CASERÍO: DEL SIGLO XVI HASTA EL SIGLO XX	44
3.7. ESENCIA DE LOS PAISAJES RURALES	47
3.8. ARQUITECTURA	48
3.9. INTEGRACIÓN AL ENTORNO NATURAL	51
3.10. TIPOS Y VARIANTES DEL CASERÍO	53
3.11. DECADENCIA DEL SIGLO XX, EL ABANDONO DE LA EXPLOTACIÓN AGROPECUARIA	59
3.12. UNA FOTOGRAFÍA DEL ESTADO ACTUAL	62
3.13. LA IRREVERSIBILIDAD DE LAS ACTUACIONES	69
3.14. HACIA UNA ADAPTACIÓN SOSTENIBLE DE CALIDAD	69
4. HACIA LAS CLAVES PARA UNA ADAPTACIÓN SOSTENIBLE Y RESPETUOSA	73
4.1. ESTRUCTURA	75
4.2. LA RESERVA DE BIOSFERA DE URDAIBAI, LÍMITE EXTENSIÓN GEOGRÁFICA	77
4.3. HACIA LA CONSERVACIÓN DEL VALOR PATRIMONIAL DEL CASERÍO	83
4.4. HACIA UNA REACTIVACIÓN SOCIOECONÓMICA SOSTENIBLE	103
4.5. HACIA UNA INTERVENCIÓN SENSIBLE AL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	129
5. CONCEPTO Y METODOLOGÍA DE LA EXPERIMENTACIÓN	153
5.1. CONCEPTO DE LA NUEVA ADAPTACIÓN DEL CASERÍO	155
5.2. OBJETO DE LA EXPERIMENTACIÓN	159
5.3. METODOLOGÍA DE EXPERIMENTACIÓN	167
5.4. EL CASO ESTUDIO Y LIMITACIONES	172
5.5. HACIA EL CASO DE ESTUDIO: LECTURA DE LOS CASERÍOS DE URDAIBAI	173
5.6. EL CASO DE ESTUDIO: EL CASERÍO TORRE	179

6. DIAGNOSIS DEL CASERÍO TORRE	181
6.1. PROCEDIMIENTO	183
6.2. ANÁLISIS DEL ENTORNO AMBIENTAL	183
6.3. LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO	191
6.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	195
6.5. MONITORIZACIÓN HIGRÓTERMICA DEL CASO ESTUDIO	198
6.6. SIMULACIÓN ENERGÉTICA CALIBRADA	217
6.7. CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO PASIVO DEL CASERÍO	221
7. EL POTENCIAL ENERGÉTICO DEL ESCENARIO DE USO EN EL CASERÍO	251
7.1. LA VARIACIÓN EN EL USO DEL CASERÍO	254
7.2. LA AUTOSUFICIENCIA ENERGÉTICA DEL CASERÍO TRADICIONAL	255
7.3. ADAPTACIÓN DE LOS NUEVOS USOS EN EL CASERÍO	264
7.4. POTENCIAL DEL USO Y SU IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	272
8. ESTRATEGIAS ENERGÉTICAS PARA REHABILITACIÓN EFICIENTE DEL CASERÍO	275
8.1. METODOLOGÍA	277
8.2. ESTRATEGIAS ENERGÉTICAS	277
8.3. LAS CARACTERÍSTICAS DE LA MEJORA DE LA ENVOLVENTE	279
8.4. ESTUDIO PARAMÉTRICO EN LA ENVOLVENTE DE LOS ESCENARIOS	288
8.5. DISCUSIÓN SOBRE LA EFICIENCIA DE LAS ESTRATEGIAS EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS	315
9. HACIA DIRECTRICES ENERGÉTICAS SENSIBLES AL PATRIMONIO	319
9.1. EVALUACIÓN DE LA INCOMPATIBILIDAD DE LAS ESTRATEGIAS ENERGÉTICAS CON EL PATRIMONIO	321
9.2. CONDICIONES PARA LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA GARANTIZAR UNA REHABILITACIÓN EQUILIBRADA	324
9.3. INSTRUCCIONES DE LAS FICHAS DE DIRECTRICES	326
9.4. EXPERIMENTACIÓN DEL ESTUDIO PARAMÉTRICO	327
10. DIRECTRICES DE INTERVENCIÓN PARA UNA REHABILITACIÓN EQUILIBRADA DEL CASO DE ESTUDIO	353
10.1. DIRECTRICES DE INTERVENCIÓN MÍNIMA	356
10.2. DIRECTRICES DE INTERVENCIÓN RECOMENDADA	358
10.3. DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO PARAMÉTRICO DE LAS INTERVENCIONES ÓPTIMAS	360
11. CONCLUSIONES	367
11.1. CONCLUSIONES PRINCIPALES DE LA TESIS DOCTORAL SEGÚN LOS OBJETIVOS	379
11.2. LIMITACIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN	385
12. BIBLIOGRAFIA	389
13. ANEXOS	397
13.1. CONTEXTO ENERGÉTICO	399
13.2. CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS DE MADERA DE CASERÍO TORRE	449
13.3. LECTURA DE LA MONITORIACIÓN	457
13.4. MODELO DE ENERGYPLUS DEL CASERÍO TORRE	459
13.5. PERFILES DE USO PARA LOS ESCENARIOS	463
13.6. CÁLCULO DE CONDENSACIONES	466
13.7. RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN	474

INDEX

1. PREFACE	17
1.1. RAISING AWARENESS IN THE 20TH CENTURY	20
1.2. HYPOTHESIS	21
1.3. HERITAGE AND ENERGY: PAIRING IN THE FARMHOUSE	23
1.4. OBJECTIVES OF THE RESEARCH	30
2. STRUCTURE	33
2.1. THE BASQUE FARMHOUSE	35
2.2. KEYS TO SUSTAINABLE AND SENSITIVE ADAPTATION	35
2.3. METHODOLOGY OF THE EXPERIMENTATION	35
2.4. DIAGNOSIS OF THE FARMHOUSE	36
2.5. THE ROLE OF THE USE OF A BUILDING IN ITS ENERGY DEMAND	36
2.6. ENERGY STRATEGIES FOR THE ADAPTATION OF THE FARMHOUSE	37
2.7. GUIDELINES FOR ENERGY EFFICIENT AND HERITAGE SENSITIVE INTERVENTION	37
2.8. CONCLUSIONS	38
3. THE BASQUE FARMHOUSE	39
3.1. DEFINITION	41
3.2. PRODUCT OF A WAY TO LIFE	41
3.3. THE FARMHOUSE AS A SYMBOL	42
3.4. GEOGRAPHICAL EXTENSION	43
3.5. ANTECEDENTS AND BIRTH	43
3.6. TRANSFORMATION OF THE BASQUE FARMHOUSE: FROM THE 16TH TO THE 20TH CENTURY	44
3.7. ESSENCE OF THE RURAL LANDSCAPES	47
3.8. ARCHITECTURE	48
3.9. INTEGRATION TO THE NATURAL ENVIRONMENT	50
3.10. TIPOLOGIES Y VARIANTS OF FARMHOUSES	53
3.11. THE DECLINE OF THE 20TH CENTURY, THE ABANDONMENT OF THE AGRICULTURE AND LIVESTOCK MISUSE	59
3.12. CURRENT STATE PICTURE	62
3.13. THE IRREVERSIBILITY OF THE ACTIONS	69
3.14. TOWARDS A QUALITY SUSTAINABLE ADAPTATION	69
4. TOWARDS THE KEYS TO A SUSTAINABLE AND SENSITIVE ADAPTATION	73
4.1. STRUCTURE	75
4.2. URDAIBAI BIOSPHERE RESERVE, LIMIT OF GEOGRAPHICAL EXTENSION	77
4.3. TOWARDS THE PRESERVATION OF THE HERITAGE VALUE OF THE FARMHOUSE	83
4.4. TOWARDS A SUSTAINABLE SOCIOECONOMIC REACTIVATION	103
4.5. TOWARDS AN INTERVENTION SENSITIVE TO ENVIRONMENTAL IMPACT	129
5. CONCEPT AND METHODOLOGY OF THE EXPERIMENTATION	153
5.1. CONCEPT OF THE NEW ADAPTATION OF THE FARMHOUSE	155
5.2. AIM OF THE EXPERIMENTATION	159
5.3. EXPERIMENTATION METHODOLOGY	167
5.4. THE CASE STUDY AND LIMITATIONS	172
5.5. TOWARDS THE CASE STUDY: ANALYSIS OF THE FARMHOUSES OF URDAIBAI	173
5.6. THE CASE STUDY: TORRE FARMHOUSE	179

6. DIAGNOSIS OF TORRE FARMHOUSE	181
6.1. PROCEDURE	183
6.2. ENVIRONMENT ANALYSIS	183
6.3. ARCHITECTURAL SURVEY	191
6.4. CONSTRUCTIVE SYSTEM CHARACTERIZATION	195
6.5. HIGROTHERMAL MONITORING OF THE CASE STUDY	198
6.6. CALIBRATED ENERGY SIMULATION	217
6.7. CHARACTERISTICS OF THE PASSIVE BEHAVIOUR OF THE FARMHOUSE	221
7. THE ROLE OF THE USE OF A BUILDING IN ITS ENERGY DEMAND	251
7.1. THE VARIATION OF THE USE OF THE FARMHOUSE	254
7.2. THE ENERGY SELF-SUFFICIENCY OF THE TRADITIONAL FARMHOUSE	255
7.3. ADAPTATION OF THE NEW USER SCENARIO TO THE FARMHOUSE	264
7.4. ROLE OF THE USE AND ITS ENVIRONMENTAL IMPACT	272
8. ENERGY STRATEGIES FOR THE EFFICIENT RETROFIT OF THE FARMHOUSE	275
8.1. METHODOLOGY	277
8.2. ENERGY STRATEGIES	277
8.3. THE CHARACTERISTICS OF THE THERMAL ENVELOPE IMPROVEMENTS	279
8.4. PARAMETRIC STUDIES IN THE THERMAL ENVELOPE OF THE SCENARIOS	288
8.5. DISCUSSION ABOUT THE EFFICIENCY OF THE STRATEGIES IN DIFFERENT USER SCENARIOS	315
9. TOWARDS GUIDELINES FOR BALANCED RETROFIT	319
9.1. EVALUATION OF THE HERITAGE INCOMPATIBILITY OF THE STRATEGIES	321
9.2. CONDITIONS OF THE INTERVENTION STRATEGIES TO GUARANTEE A BALANCED RETROFIT	324
9.3. INSTRUCTIONS OF THE GUIDELINES SHEETS	326
9.4. EXPERIMENTATION OF THE PARAMETRIC STUDIES	327
10. INTERVENTION GUIDELINES FOR A BALANCED RETROFIT OF THE CASE STUDY	353
10.1. GUIDELINES FOR MINIMAL INTERVENTION	355
10.2. GUIDELINES FOR RECOMMENDED INTERVENTION	357
10.3. DISCUSSION ABOUT THE RESULTS OF THE PARAMETRIC STUDIES OF THE OPTIMAL INTERVENTIONS	360
11. CONCLUSIONS	367
11.1. MAIN CONCLUSIONS OF THE DOCTORAL THESIS ACCORDING TO THE OBJECTIVES	379
11.2. LIMITATIONS AND FURTHER RESEARCH LINES	385
12. BIBLIOGRAPHY	389
13. APPENDICES	397
13.1. ENERGY CONTEXT	399
13.2. CHARACTERIZATION OF WOODEN ELEMENTS OF TORRE FARMHOUSE	449
13.3. READING OF THE MONITORING	457
13.4. ENERGYPLUS MODEL OF TORRE FARMHOUSE	459
13.5. USER SCENARIOS PROFILES	463
13.6. CONDENSATIONS CALCULATIONS	466
13.7. EXPERIMENTATION RESULTS	474

13. APPENDIX	12. BIBLIOGRAPHY	11. CONCLUSIONS	10. GUIDELINES	9. HERITAGE SENSITIVITY	8. STRATEGIES' EFFICIENCY	7. ROLE OF THE USE	6. DIAGNOSIS	5. METHODOLOGY	4. KEYS	3. BASERRI	2. STRUCTURE	1. PREFACE
--------------	------------------	-----------------	----------------	-------------------------	---------------------------	--------------------	--------------	----------------	---------	------------	--------------	------------

El caserío es la construcción tradicional de los labradores vascos que ha dominado las zonas rurales del País Vasco húmedo a lo largo de más de 500 años. Una construcción pensada para durar a lo largo del tiempo y con una clara vocación estructural de aislamiento que alberga espacios de vivienda, establo, taller y granero. Pero el *baserri* es sobre todo un estilo de vida, un sistema de autoabastecimiento de grandes dimensiones que lo convierte en un patrimonio único, distinto a las construcciones tradicionales de zonas colindantes. Un patrimonio construido de gran valor cultural que alberga en sus muros los documentos contruidos de la historia de los *baserritarras*, donde la sociedad vasca se siente identificada y reflejada.

Desde finales de siglo XV el *baserri* ha mostrado una habilidad de adaptación envidiable a las circunstancias del entorno socioeconómico, dejando atrás crisis económicas que afectaban a su producción agroganadera. Pero es en el siglo XX con el efecto de la industrialización cuando las nuevas generaciones de labradores se mueven a la ciudad en busca de una vida más segura y cómoda, dejando atrás la dura vida del campo. Desde entonces el caserío no ha sabido adaptarse a las nuevas circunstancias socioeconómicas y el desuso del mismo ha traído consecuentemente su abandono total o parcial dejando así la preservación de este valor cultural, histórico y simbólico en serio peligro.

The farmhouse is the traditional construction of the Basque farmers that has prevailed in the wet rural areas of the Basque Country for over 500 years. This building, which comprises dwelling, stable, workshop and barn spaces, was designed to endure the passing of time and its intrinsic structural character clearly seeks its isolation. But the *baserri* is, above all, a way of life, a large scale self-sufficient system that makes it a unique heritage different to the traditional buildings from the neighbouring areas. The walls of this built heritage of great cultural value represent the built record of the history of the *baserritarras*, walls on which the Basque people feel reflected and identified with.

Since the late 15th century, the *baserri* showed an admirable ability to adapt to the socioeconomic circumstances of, overcoming economic crisis that would affect their farming and animal husbandry production. However, it is in the 20th century that due to the effects of industrialization new generations of farmers moved into the city in search of an easier and safer life, leaving the hard lifestyle of the countryside behind. The farmhouse has been unable to adapt to the new socioeconomic circumstances ever since, and its disuse has consequently resulted in its partial or total abandonment, which has seriously endangered the preservation of this cultural, historic and symbolic value.

Fig. 2. Abandoned *baserri*. Zierre. Oma



Desde esta situación nace esta tesis doctoral. Un trabajo que mira hacia el futuro del caserío. La finalidad es trazar el camino a recorrer hacia una preservación que esté a la altura de la propia construcción.

1.1. CONCIENCIACIÓN EN EL SIGLO XX

Desde a principios del siglo XX la situación del caserío despierta la atención de grandes maestros como José Miguel de Barandiaran, Lekuona o el propio Julio Caro Baroja. En 1902 Alfredo de Laffite publica el artículo “el “*Baserritarra*”: *suceso histórico*” para la revista “*Revista Vascongada*” (de Laffitte 1902) y a partir de la finalización de la primera guerra mundial salen a la luz las primeras publicaciones sobre el caserío. En esa época destacan Barandiaran y Alfredo Baeschlin, con sus trabajos “*Contribución al estudio de la casa rural y las condiciones naturales*” (Barandiaran 1925) y “*La arquitectura del caserío vasco*” (Baeschlin 1930) y las monografías realizadas por varios ayuntamientos sobre sus caseríos. Sin embargo durante el franquismo son pocos los trabajos que se publican de los que destacan las publicaciones de Caro Baroja y Joaquín Yrizar como “*Los pueblos del norte*” (Caro Baroja 1943) y “*Las casas Vascas*” (Yrizar 1965).

A partir de los ochenta y noventa varios expertos preocupados de la situación de abandono del caserío empiezan a publicar trabajos sobre la historia y el valor de los caseríos como el historiador Alberto Santana y el arqueólogo Agustín Azkarate y sobre la decaída de la vida rural, en el que destaca sobre todo el profesor Juan Cruz Alberdi¹. Sin embargo es a principios de este siglo, cuando se publica “*Euskal Herriko baserriaren arkitektura*” (Larrañaga, Loinaz et al. 2001), libro que realiza una lectura integral de la historia y arquitectura del caserío y que se convierte en punto de partida para posteriores investigadores.

1 Analizado en el apartado 4.4.

This situation is the starting point of this doctoral thesis, work that looks to the future and whose aim is to show the path towards a preservation that lives up to the standards of the own building.

1.1. RAISING AWARENESS IN THE 20TH CENTURY

Since the early 20th century, the state of the farmhouse drew the attention of great masters such as José Miguel de Barandiaran, Lekuona or Julio Caro Baroja. In 1902, the article “el “*Baserritarra*”: *suceso histórico*” was published by Alfredo de Laffite in the magazine “*Revista Vascongada*” (de Laffitte 1902) and the first publications about the farmhouse became available after the end of World War I. During this time, it is worth mentioning the names Barandiaran and Alfredo Baeschlin, who published “*Contribución al estudio de la casa rural y las condiciones naturales*” (Barandiaran 1925) and “*La arquitectura del caserío vasco*” (Baeschlin 1930), and the monographs that many councils carried out on their farmhouses. However, years few works get to be published during the Franco, among which some works by Caro Baroja and Joaquín Yrizar like “*Los pueblos del norte*” (Caro Baroja 1943) and “*Las casas Vascas*” (Yrizar 1965) stand out.

From the 1980's and 1990's, various experts who are concerned about the state of abandonment of the farmhouse, such as the historian Alberto Santana and the archeologist Agustín Azkarate, began to publish their work on the history and value of the farmhouse. Other publications focused on the decay of urban life, highlighting the name of Professor Juan Cruz Alberdi¹. But it is at the beginning of the 21st century when “*Euskal Herriko baserriaren arkitektura*” (Larrañaga, Loinaz et al. 2001) was published, a book which carries out a comprehensive reading of the history and architecture of the farmhouse, becoming the starting

1 Analyzed in the 4.4 section.

A partir de ese momento varias instituciones, técnicos e investigadores de distintas disciplinas empiezan a buscar alternativas de futuro para que este patrimonio construido tenga una preservación de calidad.

Esta tesis doctoral también se considera fruto de esta tendencia. Un paso más de este largo y necesario camino a recorrer.

1.2. HIPÓTESIS

Con el objetivo puesto en la preservación de calidad del caserío como símbolo de la arquitectura popular vasca, este trabajo empieza por **acotar las claves para una adaptación sostenible del caserío**.

El paisaje rural actual muestra cómo los caseríos después de estar dominando el territorio rural vasco a lo largo de cinco siglos han pasado a convertirse en objetos vacíos, sin uso e incluso en ruinas. Cuando antes configuraban un sistema territorial de producción alimentaria capaz de satisfacer a la sociedad rural vasca, hoy en día han quedado socioeconómicamente casi obsoletos. De forma que se necesita trabajar para definir nuevas soluciones que se basen en posibilidades reales de futuro que reviertan la situación. Esta tesis doctoral propone aprovechar esta crisis para acercarse a un nuevo modelo rural sostenible que contemple una función territorial distinta del caserío. Un modelo territorial que vuelva a entender el caserío como un nodo multifuncional que albergue nuevos escenarios de uso. Que provoque que la sociedad de las urbes vuelva a depender de los productos y servicios de los núcleos rurales.

Para ello se tienen que responder a las incertidumbres tan fundamentales como si existen **alternativas de uso para los caseríos que garanticen un desarrollo rural sostenible**. La fotografía actual enseña que algunos *baserritarras* han encontrado nuevos escenarios de uso lejos de explotación agropecuaria. La mayoría de ellos se han acercado al mundo de la hostelería y turismo

point of researchers in following years. From that moment, different institutions, technicians and researchers from different fields set off in pursuit of alternatives for the future so that this built heritage quality preservation.

Thus, this doctoral thesis is a result of this tendency, one more step in this long and necessary path.

1.2. HYPOTHESIS

With the aim of achieving the quality preservation of the farmhouse as symbol of the Basque vernacular architecture, the first step involves setting the keys towards **a sustainable adaptation of the farmhouse**.

The current rural landscape shows how the farmhouses have gone from dominating the Basque territory for over 500 years to becoming empty object without any use and fallen into ruin. While they used to form a local network of food production able to meet the demands of the Basque people, nowadays they have nearly become socioeconomically obsolete. Therefore, it is necessary to look forward and work on prospective real possibilities. So, this doctoral thesis proposes to take advantage of the current crisis to work towards a new sustainable rural system which considers a different territorial role of the farmhouse. A new territorial model that once again regards the farmhouse as a multifunctional node that can hold new socioeconomic alternatives and make urban people need the products and services offered by the rural areas again.

But first, some fundamental questions have to be answered, such as whether farmhouses can have **user alternatives that can guarantee a sustainable rural development**. The present picture shows that some farmers have been able to find new uses with no relation to the farming and husbandry exploitation. Most of them have turned to the hotel and tourism industries in order to find economic stability for their families. But, what other

para encontrar garantías de estabilidad económica familiar ¿Pero qué otras alternativas de uso puede albergar el caserío? ¿Qué Planes de Desarrollo Rural existen desde las instituciones públicas?

Desde luego, debido a que este patrimonio contiene inscrita la historia de los antepasados *baserritarra*s, el hecho de preservar los caseríos implica la conservación de la identidad y de la memoria de los territorios rurales. Factor que conlleva que los paisajes vascos sean únicos. Por todo ello esta nueva adaptación del caserío necesita que **se respeten y se potencien sus valores patrimoniales**. Pero ¿Cuáles son estos valores? ¿Y cómo se puede garantizar su preservación o puesta en valor?

Sin embargo, existe un tercer factor que acentúa las exigencias para esta nueva adaptación. La preocupación global sobre el cambio climático ha sumergido a la arquitectura de hoy en día en un nuevo contexto energético y de sostenibilidad. Por lo que esta adaptación además debe ser sensible al impacto medioambiental que generan los caseríos. De manera que nos debemos preguntar cómo ha de amoldarse esta adaptación a este factor. Sabemos que el *baserri* tradicional ha sido un ejemplo de sistema de autoabastecimiento energético, pero **¿Cómo afectan los nuevos requisitos de confort al caserío? ¿Que exigen los nuevos reglamentos energéticos? ¿Cuál sería la forma más eficiente para adaptar el caserío? ¿Cuál es su potencial energético?**

Por lo tanto, en esta nueva adaptación se crea una compleja relación donde se insertan nuevas alternativas de uso en el binomio Patrimonio-Energía. De manera que aparecen las siguientes preguntas encima de la mesa: **¿Cómo afectan las nuevas alternativas de uso en el rendimiento energético y en la preservación del patrimonio? ¿Qué medidas arquitectónicas se deben aplicar para que la adaptación sea efectiva? ¿Cuáles son las estrategias de intervención más adecuadas para mejorar la eficiencia energética**

use alternatives can the farmhouse have? What is said about it in the Rural Development Plans of the authorities?

Since the history of the *baserritarra* ancestors is written on the walls of this heritage, the preservation of the farmhouses certainly involves the conservation of the identity and the memory of the rural areas. This factor results in the Basque landscape being something unique. Because of all these reasons, the new adaptation of the farmhouse requires **to respect and strengthen its heritage values**. But which are these values? And how can their preservation be guaranteed?

However, a third factor emphasizes the demands that new adaptations have to meet, as people's awareness of global warming has led current architecture to a new energy and sustainability context. So, this adaptation must also be sensitive to the environmental impact generated by the farmhouses. Therefore, it is needed to ask how this adaptation must react to this factor. It is known that the traditional *baserri* has been an example of self sufficient energy wise, but **how will the new comfort requirements affect it? What do the new energy regulations require? Which should be the most effective way to adapt the farmhouses? Which is their energy potential?**

Therefore, in this new adaptation a complex correlation is created where the new socioeconomic alternatives are integrated into the pairing Heritage-Energy. This new panorama needs to find answers for many new questions, for example: **How the new use alternatives affect the energy efficiency or the cultural preservation? Which measures should be taken so that the adaptation results effective and it respects its heritage value? Which are the most appropriate intervention strategies to improve the energy efficiency of the farmhouses and preserve their character, values and historic integrity?**

de los caseríos preservando su carácter, los valores y la integridad histórica?

Esta tesis doctoral propone trabajar respecto a una perspectiva transversal y pretende responder a todas estas cuestiones en el que se relacionan las nuevas alternativas de uso en el binomio Patrimonio-Energía

1.3. PATRIMONIO Y ENERGÍA: EL BINOMIO EN EL CASERÍO

Cualquier actuación en el patrimonio construido, y más una rehabilitación energética, es un desafío términos de conservación. La necesidad de conocimientos de distintos ámbitos y procesos transdisciplinares hace que la intervención arquitectónica sea de gran complejidad.

En esta nueva fase de adaptación, el caserío se encuentra en un complejo contexto donde reinan dos fundamentos: patrimonio y energía. Dos recursos que necesitan uno del otro para obtener una conservación de calidad y duradera (Wedeburn 2015). El mismo Amos Rapoport en su libro *"History and precedent in environmental design"* habla de la importancia de que la cultura y el medioambiente en la arquitectura deben de ir de la mano (Rapoport 1990). Pues estos dos factores crean una relación compleja que requiere alta sensibilidad de parte de todos los agentes para alcanzar el equilibrio entre los dos fundamentos.

En este sentido la conservación del patrimonio y la eficiencia energética se convierten en dos aspectos fundamentales para la sostenibilidad. La clave está en conseguir el equilibrio de los valores patrimoniales de los edificios, el consumo energético eficiente y la satisfacción de las necesidades y el confort de los usuarios. (Hartman, Kirac et al. 2013, p.15). Y para ello se debe situar el valor del bien construido en el contexto energético actual.

This doctoral thesis propose to work based on cross-disciplinary point of view and it tries to answer all these questions as for how to merge the new use alternatives within the architectural pairing Heritage-Energy.

1.3. HERITAGE AND ENERGY: PAIRING IN THE FARMHOUSE

Any intervention on the built heritage, let alone an energy retrofit, presents a challenge in terms of conservation. The need for knowledge from different fields and transdisciplinary processes turn the architectural intervention into a highly complex matter.

In this new adaptation stage, the farmhouse finds itself in a complex context in which two are the main foundations: heritage and energy. These two resources need one another if high quality conservation is to be achieved (Wedeburn 2015). Indeed, Amos Rapoport in his book called *"History and precedent in environmental design"* (Rapoport 1990) insists on the importance of inserting the culture into environment. This intricate relationship requires sensitivity from all the agents involved in order to strike a balance between these two foundations.

In that regard, the conservation of the heritage and energy efficiency become two fundamental aspects for sustainability. The key lies in achieving the right balance between the heritage values of the buildings, an efficient energy consumption and the satisfaction of users' needs and comfort (Hartman, Kirac et al. 2013, p.15). To this end, it is important to place the value of the building within the current energy context.

1.3.1. El caserío como patrimonio

El caserío vasco se puede considerar el patrimonio construido a nivel privativo más relevante para la población rural vasca. Es la vivienda multifuncional tradicional de los labradores vascos de los últimos cinco siglos. Un libro edificado que contiene escrito la vida cotidiana de los *baserritarras* y que ha transformado el territorio vasco en un paisaje único lleno de memoria y valor cultural para el pueblo. El caserío en su sentido sociocultural adquiere una gran identidad y unión con los labradores de antaño que a veces incluso el propio nombre del caserío sustituía al apellido familiar.

Hoy en día está considerado un símbolo de la cultura vasca, un valor incalculable e irremplazable no sólo local sino de valor universal (UNESCO 2013). El hecho de que sus muros contengan un valor patrimonial tan relevante exige que se requiera de mucha sensibilidad y tacto a la hora de intervenir para su nueva transformación. Es de la responsabilidad de todos los agentes activos que se integre a las nuevas exigencias energéticas con naturalidad a pesar de la complejidad que siempre conlleva el binomio patrimonio-energía.

1.3.2. El caserío en el contexto energético

En las últimas décadas del siglo XX la preocupación sobre el cambio climático y sus efectos adversos aumenta en los países más avanzados y se asume que la responsabilidad concierne a toda la humanidad (Naciones Unidas 1992). Con el objetivo de hacer frente al riesgo de calentamiento global y al agotamiento de los almacenes de combustibles fósiles, la reducción del consumo energético acompañado de desarrollo sostenible se convierte en una prioridad global (Nguyen, Tran et al. 2011).

Desde el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, ha habido varios compromisos comunitarios e internacionales sensibilizados y preocupados por el

1.3.1. The role of the farmhouse as heritage

The farmhouse can be regarded as the most significant built heritage with private ownership for the Basque rural people. It has been the traditional and multifunctional home of the Basque farmers for the past five hundred years. It is an erected book which contains the everyday life of the *baserritarras* and has turned the Basque region into a unique landscape full of memory and cultural value for its people. Speaking in sociocultural terms, such was the identity and the link between the farmhouse and the farmers those days that sometimes the name of the farmhouse would replace the family surname.

Nowadays, it is regarded as a symbol of the Basque culture, a priceless and irreplaceable local and universal value (UNESCO 2013). The fact that its walls have such a relevant heritage value means that its new transformation must be done sensitively and tactfully. All the parties involved share the responsibility for integrating it into the new energy demands in a natural way, despite the complexity the pairing heritage-energy entails.

1.3.2. The farmhouse within the energy context

During the last decades of the 20th century, there was raising awareness of climate change and its adverse effects in the most developed countries, and it was understood that the responsibility lies with the whole humankind (Naciones Unidas 1992). With the aim of tackling global warming and the exhaustion of fossil fuels, the reduction in energy consumption and sustainable development have become global priorities (Nguyen, Tran et al. 2011).

Since the Kyoto Protocol was established in the United Nations Framework Convention on Climate Change, there have been several Community and international commitments which show sensitivity and concern about climate change. Among them, it is worth highlighting the plan of demands for the reduction of environmental impact by 2020 agreed

cambio climático. Se destaca el plan de exigencias de reducción de impacto ambiental que acordaron los estados miembros de la Unión Europea para el año 2020, denominado “*Objetivos 20-20-20*”. Una iniciativa que consiste en tres ejes esenciales:

- Reducir un 20% el consumo de energía primaria de la Unión Europea
- Reducir un 20 % las emisiones de gases de efecto invernadero
- Aumentar un 20% del consumo la contribución de las energías renovables

Sin embargo en el año 2014 con el fin de acercase a los objetivos para 2050 (ver apéndice 13.1), la comisión Europea publica un marco estratégico para 2030 que determina lo siguiente entre otros puntos:

- La reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero en un 40 % respecto al nivel de 1990 para el 2030
- Al menos un 27 % de reducción en el consumo energético.
- El aumento de la cuota de la energía renovables al menos al 27 % para la UE

1.3.2.1. El impacto de la construcción

El sector de la construcción tiene una importante influencia debido a que 40 % del consumo total de energía europea, además de 36% de las emisiones de CO₂ se producen en éste ámbito (W.W.F. 2010). Lo que cada año representa 136 millones de toneladas de basura, del que casi la mitad de ellas se produce en demoliciones.

Por lo que respecta a España, las viviendas se convierten en protagonistas dado a que asumen el 17% del consumo de energía final, mientras el terciario se limita al 9%. Además el 20% de las emisiones nacionales de gases de efecto pertenecen también al sector residencial, y si a esto se le suman las originadas por el proceso de

by the member states of the European Union, also called “*Objectives 20/20/20*”. This initiative consists of three basic lines:

- A 20% reduction in the consumption of primary energy in the European Union.
- A 20% reduction in greenhouse gas emissions.
- A 20% increase in the contribution of renewable energies to the whole consumption.

However, with the aim of coming close to meeting the objectives for 2050 (see appendix 13.1), a new strategic framework for 2030 was presented by the European Commission in 2014, which defines, among other aspects, the following points:

- A 40% reduction in greenhouse gas emissions in comparison with 1990 levels by 2030.
- A reduction of at least 27% in energy consumption.
- An increase of at least 27% of the share of renewable energies in the EU.

1.3.2.1. The impact of the construction sector

The effects of the construction sector are very significant, since it accounts for 40% of the total energy consumption in Europe, besides being responsible for 36% of CO₂ emissions (W.W.F. 2010). In addition, it generates 136 million tons of waste a year, half of which comes from demolitions.

Regarding the Spanish context, housing plays an important part, as it represents 17% of the energy consumption, whereas the tertiary sector is limited to 9%. What is more, 20% of greenhouse gas emissions nationwide belong to this sector, and if the gases generated in the building process were to be added, their share would increase to up to a third

construcción, llegarían a la tercera parte del total (IDAE 2008, p.5). En Euskadi, por otro lado, la industria es el que más consume con un 45% del total, y la construcción se limita al 20%.

En este contexto cabe destacar que la tasa anual estimada de las nuevas edificaciones es de tan sólo de 1%. De manera que la rehabilitación energética del parque edificado asume un papel protagonista para reducir el impacto medioambiental derivado de este sector.

1.3.2.2. La rehabilitación energética, como reciclaje de edificios y eficiencia

La rehabilitación y la reutilización del parque edificado son conceptualmente e intrínsecamente más sostenibles que la nueva construcción. Es una forma eficiente de gestionar los recursos del entorno natural dado que se evita la necesidad de nuevos materiales; en Europa la construcción asume el 30% de consumo de materias primas, y además consecuentemente conlleva a un ahorro importante del transporte. A estos factores se les debe añadir que también es una estrategia que aprovecha la energía embebida de la construcción existente y evita el exceso consumo de suelo en aquellos lugares donde la construcción es actualmente el agente principal de la pérdida de este recurso no renovable (IHOBE 2014).

Asimismo el World Wildlife Fund (W.W.F.) considera que la medida más eficaz para reducir el consumo de la energía y las emisiones de gases de efecto invernadero de la construcción es la disminución de la demanda energética del parque ya edificado (W.W.F. 2010). Puesto que se considera que el ajuste del parque edificado existente puede reducir las emisiones de CO₂ y los costes energéticos en un 42-46% (Rambelli, Garzillo et al. 2014).

A partir de aquí surgen nuevas normativas y planes a distintos niveles, donde destaca el plan de los países de la Unión Europea que pretende que los edificios demanden poca o ninguna energía

of the total (IDAE 2008, p.5).

In this context, it should be noticed that the annual rate of new buildings is estimated to be in a low 1%, therefore the energy retrofit of the built stock becomes an essential part.

1.3.2.2. Energy retrofit as a model of recycling buildings and efficiency

The refurbishment and reuse of the built stock are conceptually and intrinsically more sustainable than the construction of new buildings. Taking into account that this sector accounts for 30% of the use of raw materials, it is an efficient way of managing natural resources since the need for new material is avoided, which in turn results in a reduction in transportation. Besides, it is a strategy that takes advantage of the embedded energy of the existing building and it avoids the excessive use of land in places where construction is mainly responsible for the loss of this non renewable resource (IHOBE 2014).

At the same time, the World Wildlife Fund (W.W.F.) considers that the most efficient way of reducing the energy consumption and greenhouse gas emissions in the construction sector is the decrease in the energy demand of the built stock (W.W.F. 2010), since it is believed that an adjustment of the built stock can result in a reduction of 42-46% in CO₂ emissions and energy costs (Rambelli, Garzillo et al. 2014).

Based on all this, new regulations and plans at different levels have seen the light, the most important one being the plan agreed by the countries of the European Union that expects buildings to demand very little or no energy at all by 31st December, 2020. But the truth is that the built

para el 31 de Diciembre de 2020. Pero la realidad del parque edificado se encuentra lejos de estos niveles, ya que la media de la demanda energética de los edificios existentes es de 170 kWh/m² al año (Troï 2011). Sin embargo a esto se le debe añadir que la caída del sector mobiliario debido a la reciente crisis económica ha resultado en un descenso importante de la demanda energética.

1.3.2.3. El caserío en el ámbito de núcleos rurales y de patrimonio protegido

Sin embargo, las exigencias de las actuaciones energéticas en el caso de los caseríos se pueden o/y se deben moderar por dos motivos: por su emplazamiento geográfico -generalmente en núcleos rurales, lejos de las urbes- y por su extraordinario valor patrimonial.

Por un lado la baja ocupación de los núcleos rurales, resultado de la limitada densidad y a la despoblación de los propios caseríos, implica a que su repercusión energética es de menor consideración en comparación con las urbes concentradas (Montalbán 2015, p.7).

Por otro lado, los caseríos pertenecen a un parque edificado menor y anterior a los años 40 que les otorga de valor simbólico pero que además disfrutan de un valor cultural y simbólico especial para la sociedad vasca que requiere de una mayor sensibilidad y protección en cada actuación. En este sentido, es de enfatizar que las normativas europeas y nacionales también deben permitir una flexibilidad a la hora de intervenir en él con el objetivo de no dañar su carácter o aspecto .

1.3.3. Esencia de la rehabilitación energética

La relación del binomio patrimonio y energía, o conservación cultural y eficiencia energética, es compleja dado que cada edificio se comporta de distinta forma en los dos aspectos.

El valor patrimonial de cada elemento construido es

stock is far from these levels, as the average energy demand of existing buildings is 170 kWh/m² per year (Troï 2011). However, the fact that the decline in the housing sector due to the recent recession has resulted in a substantial drop in energy demand should be taken into account.

1.3.2.3. The farmhouse within the rural district and built heritage context

Anyway, the requirements that any energy intervention must meet can and should be moderated in the case of the farmhouse for two main reasons: their location, since they are generally situated in rural districts far from urban centres, and their extraordinary heritage value.

On the one hand, the low occupancy in rural districts, which stems from the limited density of the areas and the depopulation of the farmhouses, means that its energy repercussion is not as relevant in comparison with urban areas with a higher concentration (Montalbán 2015, p.7).

On the other hand, apart from belonging to a more reduced built stock that dates farther back than the 40s, farmhouses also have a special cultural and symbolic value for the Basque people, which calls for greater sensitivity and protection in each intervention. In that regard, it must be underlined that European and national regulations should also allow some flexibility when these interventions are carried out so that its character or aspect is not damaged.

1.3.3. The essence of energy retrofit

The complexity of the relationship between the two elements in the heritage-energy, or cultural conservation-energy efficiency pairing, lies in the different performance each building has in both aspects.

The heritage value of each built element is unique. Every single construction belongs to a **historical**

único. Cada construcción pertenece a una **realidad histórica**, a un **contexto socioeconómico**, a una **transformación única** y es fruto de un proceso largo y complejo que hemos heredado a través de una construcción actual. Es de la **responsabilidad** de todos los agentes participantes **conocer, respetar y difundir** este valor para que la sociedad conozca su realidad. Existen distintos criterios valorativos (cultural, simbólico, histórico, autenticidad) como herramientas para la valoración patrimonial y están definidos distintos tipos de intervenciones que respeten el valor de la construcción existente y que parten de una reversibilidad.

Por otra parte, el comportamiento energético de cada inmueble también es único. No solamente las características térmicas de la envolvente van a variar el consumo de un edificio. La orientación, las ganancias solares, la ubicación, el contexto urbanístico, el volumen de los espacios interiores, el efecto de diseños y sistemas pasivos, la eficiencia de los sistemas activos y sobre todo, el uso específico del edificio hacen que el comportamiento energético de cada edificio sea distinto.

La relación de los dos fundamentos es compleja y exige conocer en un estado previo los factores a tener en cuenta y diseñar una estrategia de intervención respetuosa. El siguiente gráfico (Fig. 3) muestra una simplificación de la relación entre la conservación del valor cultural y la eficiencia energética.

Cuanto más valor tiene algún elemento o aspecto de un bien construido, menor debe ser la intervención y consecuente menor la exigencia energética.

reality, a socioeconomic context, a unique transformation and it is the result of a long and complex process which has been inherited through the current construction. All the parts involved share the **responsibility to know, respect and spread this value** so that the people can know its reality. There are different assessment criteria (cultural, symbolic, historical, authenticity) that can be used as tools for the heritage assessment, and different types of interventions that respect the value of the existing building and which are based on reversibility have been defined.

On the other hand, the energy performance of each house is unique as well. The energy consumption of a building varies depending not only on the thermal characteristics of the thermal envelope, but also the orientation, solar gains, location, urban context, volume of internal spaces, effects of passive designs and systems, efficiency of active systems and, above all, the use of the building result in the energy performance of each building being different.

The relationship between both fundamentals is complex and it demands in a previous stage the knowledge of the factors to be taken into account and the design of a sensitive intervention strategy. The following graph shows a simplification of the relationship between the preservation of cultural value and energy efficiency.

The higher the value of an element or aspect of a building, the smaller the intervention must be and, consequently, the lower the energy efficiency requirement.

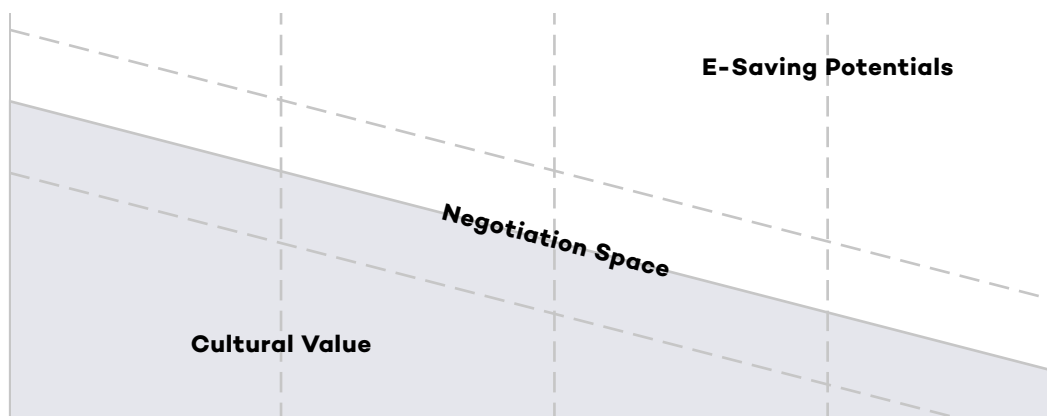


Fig. 3. Energy efficiency and heritage alteration relation (3ENCULT 2015, p.87)

1.3.4. Directrices de actuación para una solución respetuosa

La necesidad de abarcar el problema desde distintos puntos de vista requiere que la solución sea respetuosa e interdisciplinar. La situación actual exige cambios de mentalidad de todos los agentes involucrados, tanto de técnicos como de instituciones, y un empuje contundente que deje atrás más de un siglo de deterioro. Esta situación es una posibilidad única para adaptar este patrimonio cultural de forma respetuosa y así garantizar una preservación longeva y sostenida.

Con el objeto de acotar soluciones de **rehabilitación energética y respetuosa con su valor patrimonial**, es necesario crear directrices, metodologías o protocolos de actuación que integren las dos variables y que ofrezcan a los técnicos, promotores e instituciones un camino por el que recorrer.

Este trabajo pertenece a un segmento de este recorrido que busca definir una herramienta que garantice una adaptación sostenible y respetuosa del caserío.

1.3.4. Intervention guidelines for a sensitive solution

The need to approach the problem from different points of view requires the solution to be sensitive and interdisciplinary. The current situation calls for a change in mindset of all the parts involved, both technical and authorities, and a major boost to leave over one hundred years of deterioration behind. This situation represents a unique opportunity to adapt this cultural heritage in a comprehensive way and guarantee a long-lasting and sustained preservation.

In order to delimit **heritage sensitive energy retrofit solutions**, it is necessary to work with guidelines, methodologies or action plans that integrate both variables, providing technicians, developers and authorities with a path to follow.

This thesis belongs to a part of this path that seeks to define a tool which guarantees and integrating adaptation of the farmhouse.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- **OBJETIVO 1: Identificar las claves para una adaptación sostenible del caserío vasco.**

Con la intención de mirar hacia al futuro del caserío, el primer objetivo de esta tesis doctoral es identificar los factores sustanciales para una adaptación sostenible y marcar las pautas que ayuden a garantizar una preservación de calidad. Esta situación de decadencia del caserío se considera una oportunidad ideal para proponer nuevas vías de acción. Se plantea entender los caseríos como un conjunto de elementos contruidos de gran valor patrimonial que es capaz de albergar distintas funciones territoriales y que produce un específico impacto medioambiental para mantenerse. Se propone rehabilitar el caserío de forma equilibrada en términos medioambientales y patrimoniales considerándolo como nodo multifuncional en el modelo rural. El *baserri* debe ser utilizado para reconfigurar el paisaje lleno de memoria e identidad.

- **OBJETIVO 2: Experimentar hacia unas directrices de intervención a través de un método extrapolable en un caso de estudio.**

El siguiente objetivo es experimentar hacia unas directrices de intervención energéticamente eficiente y sensible al patrimonio, con el fin de mostrar el camino a recorrer para garantizar una adaptación respetuosa y sostenible del caserío. Se trabaja sobre un caso estudio a través de un método reglado y extrapolable a cualquier patrimonio construido.

- **OBJETIVO 3: Conocer el comportamiento energético del caserío.**

Como trabajo científico, se determina como objetivo el hecho de diagnosticar energéticamente

1.4. OBJECTIVES OF THE RESEARCH

- **OBJECTIVE 1: Identify the keys for a sustainable adaptation of Basque farmhouses.**

In the pursuit of looking to the future of Basque farmhouses, the first goal of this doctoral research is to identify the keys for a sustainable adaptation and detect some guidelines to a long-lasting and high quality preservation of this heritage. The current situation is considered to be an ideal opportunity to formulate new use alternatives and develop a new model of rural system based on the farmhouse as a multifunctional and high cultural value node which produces a certain environmental impact. This research work proposes an adaptation based on environment and heritage sensitive retrofit where the farmhouses are understood as a multifunctional node in the rural areas. The *baserri*s should be used to reshape this landscape full of memory and identity.

- **OBJECTIVE 2: Experiment towards intervention guidelines through a method that can be extrapolated.**

The main aim of this doctoral thesis is to delimit intervention guidelines for retrofit based on different use alternatives in order to show the path to guarantee a sustainable and sensitive adaptation of the farmhouses. The experiment is based on a method that can be extrapolated and it is applied into a specific case study.

- **OBJECTIVE 3: Understanding the energy performance of the farmhouse.**

Once all the keys have been set, the next objective consists in gathering energy-related information of

un caserío mediante monitorizaciones reales y simulaciones energéticas calibradas. El objetivo de este estudio sirve para dar a conocer el comportamiento bioclimático de un caserío tipo y para concluir en unas pautas generales de intervención energética.

• **OBJETIVO 4: El rol del uso del caserío en su demanda energética.**

Los nuevos escenarios de uso del caserío además de generar nuevas posibilidades socioeconómicas, constituyen una forma de intervenir energéticamente en el patrimonio construido. Pues el uso de un espacio está ligado a dos factores determinantes en la demanda energética de un edificio: el grado de confort y el perfil de calefacción.

Esta tesis doctoral cuantifica el potencial energético de cada una de las nuevas alternativas de uso del caserío. Se considera que éste puede ser la clave de la nueva adaptación, puesto que la exigencia de intervención variará según la función del edificio.

• **OBJETIVO 5: El potencial energético del caserío para adaptarse a los objetivos europeos de 2030.**

Otro de los objetivos tangenciales de esta tesis doctoral es conocer el potencial del caserío para adaptarse al contexto energético. Cuantificar como responde a las intervenciones energéticas y contrastar distintos rendimientos mediante la mejora de envolvente en base de estrategias de Coste Optimizado y de Edificios de Consumo Casi Nulo (de aquí en adelante, ECCN).

• **OBJETIVO 6: Realizar una lectura de las posibilidades que ofrece una adaptación sostenible del caserío vasco.**

El último objetivo de la tesis es analizar la relación entre la conservación patrimonial, la eficiencia energética y el uso en la rehabilitación del caserío

the case study in order to find out the bioclimatic behaviour of a typical farmhouse and some guidelines for energy interventions. Hence, a through energy diagnosis is made.

• **OBJECTIVE 4: The role of the use of the farmhouses in their energy demand.**

Apart from creating new socioeconomic possibilities, the new user scenarios of the farmhouse represent a way of carrying out an energy intervention on built heritage. The use of internal spaces will determine their level of comfort and the heating profiles the amount of energy which is necessary to heat up the building.

Therefore, this thesis quantifies the energy potential the use of the farmhouse has in relation to its overall demand. This must be the key to the new adaptation, since the requirements of the intervention will vary depending on the purpose of the building.

• **OBJECTIVE 5: The energy potential of the farmhouse for adapting to the 2030 European objectives.**

The next step is to quantify the farmhouse's potential for adapting to the energy context. Different performances are compared by improving the thermal envelope through "*Optimized Cost*" strategies and the standards set by Nearly Zero-Energy Buildings (from now on, NZEB).

• **OBJECTIVE 6: Analyze the real possibilities that a sustainable adaptation of Basque farmhouses offers.**

The last goal is to analyze the correlation between the heritage values conservation, energy efficiency and the user scenario on *baserris*' retrofit and finally to conclude in new conceptual guidelines that can

y concluir en unas nuevas claves que puedan servir para las instituciones y profesionales a hacer frente a esta situación y poder acercarse a la adaptación sostenible.

be useful for institutions and technicians to face this situation and to get closer to a sustainable adaptation.



Fig. 4. Structure of Torre Baserri

2.1. CASERÍO VASCO

En el primer apartado se introduce el caserío vasco, desde su significado, la definición arquitectónica, su evolución histórica y la situación de decadencia actual, donde se insiste en la necesidad de una adaptación sostenible y respetuosa.

2.2. CLAVES PARA UNA ADAPTACIÓN SOSTENIBLE Y RESPETUOSA

Partiendo de esa situación se exponen los fundamentos de una adaptación sostenible del caserío. Éstos se dividen en tres ejes principales:

- Respeto y preservación del valor cultural e patrimonial del caserío vasco.
- Integración en el nuevo desarrollo rural sostenible mediante nuevas alternativas de uso.
- Disminución de la huella medioambiental de la rehabilitación y su integración en el nuevo marco energético.

2.1. THE BASQUE FARMHOUSE

The first section provides an introduction to the Basque farmhouse, from its significance, architectural definition, evolution throughout history and the current problematic situation in which its preservation is at risk. It also insists on the need for a sustainable and sensitive adaptation.

2.2. KEYS TO A SUSTAINABLE AND SENSITIVE ADAPTATION

Given the situation, the fundamentals of a sustainable adaptation of the farmhouse are laid out. These are divided into three main lines:

- Respect and preservation of the cultural and heritage value of the Basque farmhouse.
- Integration into the new sustainable rural development through new use alternatives.
- Reduction of the ecological footprint of the rehabilitation and integration into the new energy framework.

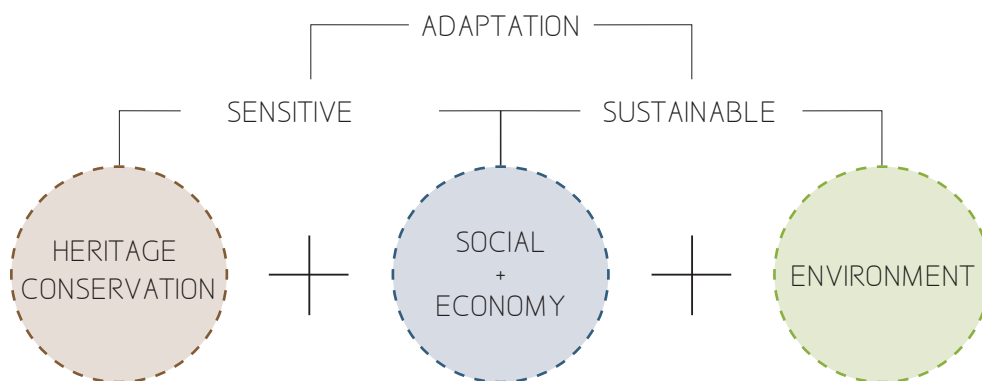


Fig. 5. The keys for sustainable and sensitive adaptation of built heritage

2.3. MÉTODOLÓGÍA DE EXPERIMENTACIÓN

Se expone el método de experimentación utilizado para conseguir la finalidad de la tesis doctoral. El estudio se fundamenta en la metodología propuesta

2.3. METHODOLOGY OF THE EXPERIMENTATION

The experimentation methodology that has been adopted in order to achieve the aim of the thesis is explained. The study is based on a methodology

en el libro “3ENCULT” (3encult 2015) y se trabaja sobre un caso de estudio, el caserío Torre. A este protocolo se le incorporan el uso adaptativo y los análisis paramétricos para contrastar la eficiencia energética de distintas estrategias, facilitando así la toma de decisiones.

2.4. DIAGNOSIS DEL CASERÍO

El primer paso se basa en conocer el comportamiento higrotérmico del caserío. Para ello se realiza un análisis exhaustivo del caso de estudio y se crea un modelo de simulación energética calibrada para cuantificar su comportamiento bioclimático y poder determinar actuaciones energéticas eficientes.

suggested by the book “3ENCULT” (3encult 2015) and focused on a typical farmhouse, the case study. Adaptive use and parametric analysis are added to this plan of action, which allows to contrast different strategies at the same time.

2.4. DIAGNOSIS OF THE FARMHOUSE

The first step consists in understanding the hygrothermal performance of the farmhouse. A thorough analysis of the case study is carried out and a model for a calibrated energy simulation is built in order to quantify its bioclimatic performance and determine energy-efficient interventions.

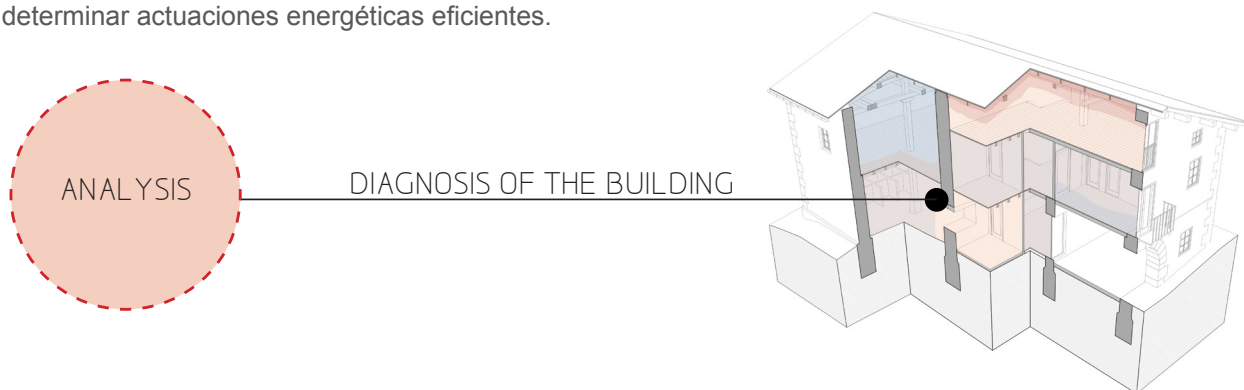


Fig. 7. 1st step of the experimentation methodology. DIAGNOSIS

2.5. EL ROL DE USO EN LA DEMANDA ENERGÉTICA DEL CASERÍO

El objetivo de este apartado es cuantificar el potencial de la función socioeconómica del caserío en su comportamiento energética. Se adapta el caso de estudio a las distintas alternativas socioeconómicas y se calculan las demandas energéticas. Además así se define el límite de la demanda energética para cumplir con los objetivos europeos para 2030: 27% de la demanda energética del caso estudio en su función tradicional.

2.5. THE ROLE OF THE USE OF A BUILDING IN ITS ENERGY DEMAND

The aim of this section is to quantify the potential of the socioeconomic function of the farmhouse in relation to its energy performance. The case study is adapted to the different socioeconomic alternatives and the energy demands are calculated according to them. That way the limit to energy demand is set so that the European objectives for 2030 are met: 27% function.



Fig. 8. 2nd step of the experimentation methodology. USER PROGRAMME

2.6. ESTRATEGIAS ENERGÉTICAS PARA LA ADAPTACIÓN DEL CASERÍO

Una vez determinado el objetivo de las estrategias, se acotan distintas directrices energéticas para cada uso de edificio. Se contrastan estrategias de Coste Optimizado con estrategias de estándares de ECCN a través de estudios paramétricos, detectando así el potencial energético que tiene el caserío.

2.6. ENERGY STRATEGIES FOR THE ADAPTATION OF THE FARMHOUSE

Once the objective of the strategies has been set, different energy guidelines are defined for each of the uses of the building. By means of parametric studies, “*optimized cost*” strategies are contrasted with strategies that meet NZEB standards, which enables the detection of the energy potential of the farmhouse.

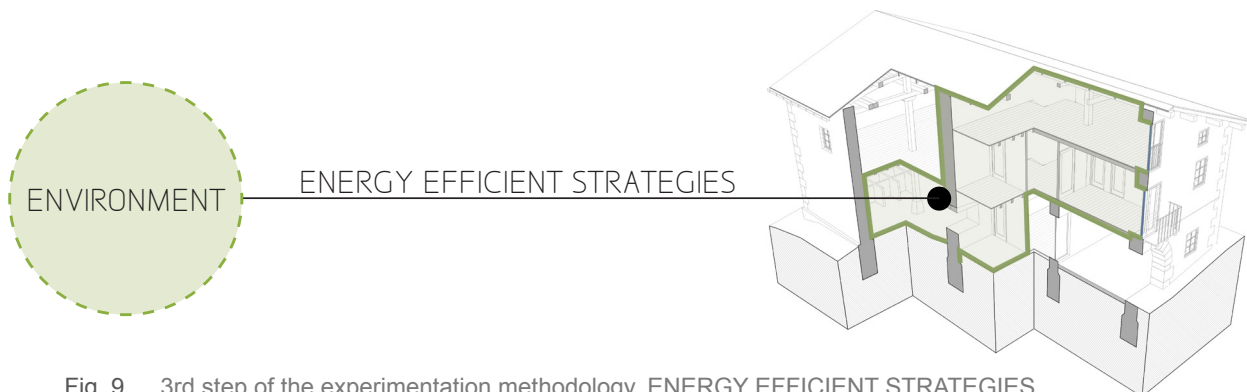


Fig. 9. 3rd step of the experimentation methodology. ENERGY EFFICIENT STRATEGIES

2.7. DIRECTRICES DE INTERVENCIÓN ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES Y SENSIBLES AL PATRIMONIO

El último apartado de la experimentación busca definir las directrices de intervención equilibradas por su rendimiento energético y por la incompatibilidad patrimonial en cada escenario de uso. De manera que junto a la eficiencia energética de cada tipo de intervención, se valora su alteración patrimonial. Así se genera un gráfico que contrasta los dos valores de cada intervención y se detectan las soluciones más óptimas en su relación energía/patrimonio.

2.7. GUIDELINES FOR ENERGY EFFICIENT AND HERITAGE SENSITIVE INTERVENTION

The last section of the experimentation aims to define intervention guidelines keeping a balance between energy performance and the architectural alteration in each of the user scenarios. That way, the compatibility each type of intervention has with the heritage is assessed together with their energy efficiency, which generates a graph contrasts the values of each intervention and allows the detection of the optimum solutions in terms of energy/heritage.



Fig. 10. 4th step of the experimentation methodology. HERITAGE COMPATIBLE STRATEGIES

2.8. CONCLUSIONES

Se exponen las conclusiones principales de la experimentación. Se recopila y se valora la información generada y se detectan las fortalezas y debilidades y limitaciones del trabajo desarrollado. Para terminar se concluye con las futuras líneas de investigación necesarias.

2.8. CONCLUSIONS

The main conclusions of the experimentation are described. The information that has been generated is gathered and assessed, and then the strengths, weaknesses and limitations of the work are detected. The final conclusions focus on necessary future research lines.



Fig. 11. Zierre farmhouse facade

La información expuesta en este apartado está mayoritariamente basada en el libro “*Euskal Herriko baserriaren arkitektura*”, realizada por el historiador Alberto Santana y los arquitectos Juan Angel Larrañaga, Jose Luis Loinaz y Alberto Zulueta. (Larrañaga, Loinaz et al. 2001)

3.1. DEFINICIÓN

El caserío vasco es la construcción tradicional y multifuncional de los labradores vascos. Alberga zonas de vivienda, cuadra, granero y taller dentro de una misma unidad. Una construcción compacta y de calidad que ha protegido a la familia *baserritarra* desde finales del siglo XV y que todavía actualmente domina en los paisajes rurales del País Vasco Húmedo con sus más de 40.000 ejemplares (Larrañaga, Loinaz et al. 2001, p. 29).

El *baserri* es más que una vivienda y una explotación agropecuaria. Es consecuencia de un modo de vida, una construcción que forma parte de la unidad familiar. Un documento construido que contiene escrito la historia de los labradores vascos en sus paredes de más de 500 años.

Es además un valor cultural y de identidad para la sociedad vasca. Un sentimiento de identificación que se ha transmitido de generación en generación, de barrio a barrio, y que ha transformado el territorio vasco en un paisaje único lleno de memoria y valor cultural para el pueblo.

3.2. PRODUCTO DE UN ESTILO DE VIDA

El caserío responde a las necesidades familiares y a las demandas socioeconómicas de la sociedad vasca. Su único fin es el bienestar familiar y la máxima productividad para la explotación de ganado y cultivos. Es por ello que existen variantes tipológicas de los caseríos dependiendo de la necesidad de su ámbito.

The information exposed in this section is highly based on the book “*Euskal Herriko baserriaren arkitektura*”, carried out by the historian Alberto Santana, and the architects Juan Angel Larrañaga, Jose Luis Loinaz and Alberto Zulueta. (Larrañaga, Loinaz et al. 2001).

3.1. DEFINITION

The Basque farmhouse is the traditional and multifunctional building of the Basque farmers. Living spaces, stable, barn and workplace are gathered in the same unit. Being a compact and quality construction, it has sheltered the farming family since the late 15th century and it still prevails in the rural landscape of the Humid Basque Country with over 40,000 examples (Larrañaga, Loinaz et al. 2001, p. 29).

The *baserri* is more than a home and an efficient productive system. It is a consequence of a way of living, a construction that is part of the family unit. It is a built document which has the history of the Basque farmers written upon its 500-year-old walls.

Furthermore, it is a cultural and identity asset for the Basque society. It represents a sense of affinity that has been passed on from generation to generation, from neighborhood to neighborhood, which has turned the Basque territory into a unique landscape full of memory and cultural value for the people.

3.2. PRODUCT OF A WAY OF LIFE

The farmhouse meets the needs of the families and the socioeconomic demands of the Basque society. Its only aim is the wellbeing of the family and the maximum productivity for the exploitation of the livestock and the crops. Thus, there exist typological variants of the farmhouses depending on the needs of their surroundings.

El elemento construido es por lo tanto una consecuencia del estilo de vida tradicional de los labradores vascos, que al mismo tiempo le otorga unas características que lo convierten en un valor único y singular.

3.3. EL CASERÍO COMO SÍMBOLO

El caserío tradicionalmente ha sido símbolo de la familia que hereda en esta construcción su poder con elementos constructivos y ornamentos de gran calidad. El vínculo es tal, que el nombre del caserío no pertenece a su ubicación, sino al apellido de su propietario.

Por otra partela arquitectura popular obtiene un lenguaje lleno de signos distintivos de nacionalidad y de cultura (Guimón 1930, p.13).Y el valor cultural que se le otorga al caserío hace que éste se haya convertido en el símbolo de la arquitectura popular para la sociedad vasca. Es el icono de la vivienda tradicional del País Vasco para un pueblo que olvida su multifuncionalidad y sostiene con firmeza el vínculo con su arquitectura. El volumen apaisado, compacto, con tejado dos aguas, entramado de madera en fachada principal, situado en un campo rodeado de ganado es lo que identifica la sociedad con la vivienda tradicional vasca.

The built element is therefore the consequence of the traditional way of life of the Basque farmers, which gives it some features that make it a unique and special asset.

3.3. THE FARMHOUSE AS A SYMBOL

The farmhouse has traditionally been a symbol of the family which shows its power in this construction with structural and ornamental elements of high quality. Such is the link that the farmhouse is named after its owner rather than its location.

On the other hand, the vernacular architecture obtains a language full of distinctive signs of nationality and culture (Guimón 1930, p.13). Being given considerable cultural value, the farmhouse has become the symbol of the vernacular architecture for the Basque society. It is a symbol of the traditional housing of the Basque County for its people, who forget about its versatility and hold firmly the bond with their architecture. Its oblong and compact volume, pitched roof, wooden framework on the main façade and its location in a field surrounded by cattle are what society associates with the traditional Basque home.

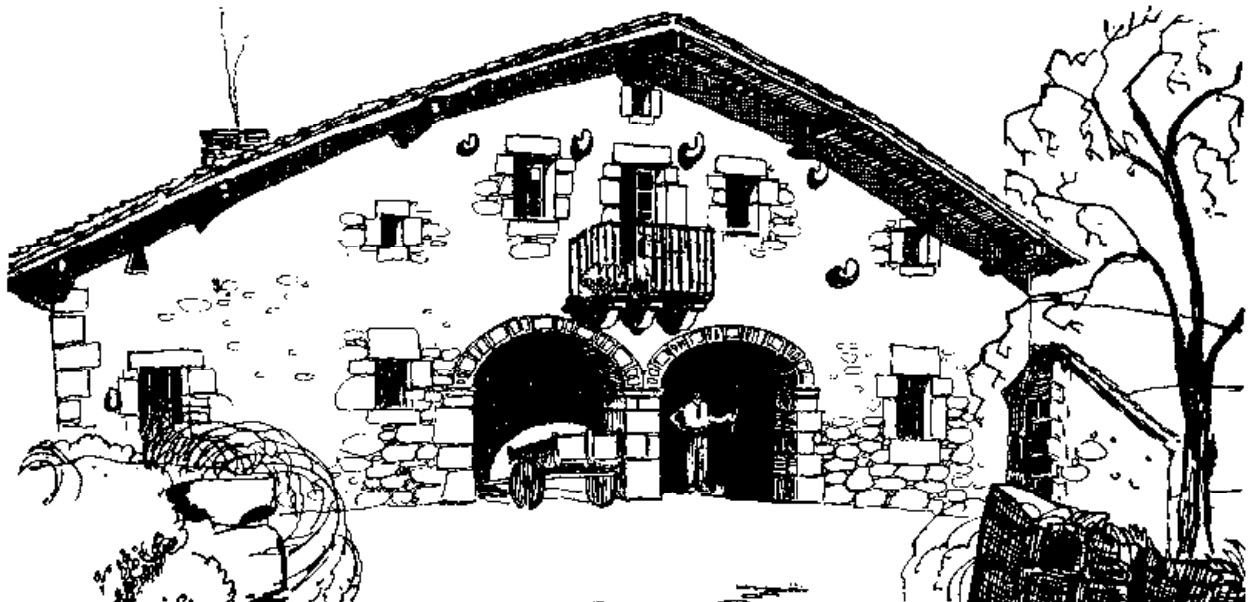


Fig. 12. The *baserri*, a symbol of the vernacular architecture of the Basque Country (Guimón 1930, p.10)

3.4. EXTENSIÓN GEOGRÁFICA

El caserío geográficamente se difunde a lo largo de la zona húmeda de Euskal Herria, entre el mar cantábrico y los valles cantábricos de Álava y por la cuenca alta del Ebro de Navarra. Su extensión geográfica se alarga por el este hasta el Pirineo y por el oeste se difunde por las Encartaciones donde se encuentra con la arquitectura popular cántabra. El territorio se caracteriza como una zona montañosa, donde la cercanía del mar Cantábrico atempera los fríos invernales y distribuye las lluvias a lo largo de todo el año. El volumen anual de precipitaciones oscila entre 1.100 mm y 2.500 mm, y las oscilaciones térmicas son de 11-12°C (Ainz 2001, p.31)

3.5. ANTECEDENTES Y NACIMIENTO

La ambigüedad del significado del caserío a pesar de que estén interrelacionadas, muestra dos distintas realidades históricas del caserío.

Las primeras menciones en los escritos sobre los caseríos como forma de vida se dan en el año 1285 en un documento vizcaíno (Ainz 1999, p. 50). Una célula de producción y orientada a la autosubsistencia de origen medieval que inicia su proceso de formación en la crisis del Bajo Imperio romano y que se consolida entre los siglos XII y XIII (Santana 1993a, p.9)

Por otro lado, los primeros restos constructivos de los caseríos compactos y sólidos que conocemos hoy en día no aparecen hasta finales de siglo XV; en caso de Bizkaia hay que esperar hasta principios de XVI. Por motivo de que la casa de labranza del País Vasco tiene su propio nombre, se cree que estas edificaciones sustituyen a estructuras medievales existentes generadas por una explotación agropecuaria, probablemente en forma de cabañas circulares o elipsoides. Así coinciden también las interpretaciones de la intervención arqueológica realizada en el año 2003

3.4. GEOGRAPHICAL EXTENSION

The farmhouse geographically spreads across the humid zone of the Basque Country, between the Cantabrian Sea and the Cantabrian Valleys of Álava, and the high Ebro basin in Navarra. It spreads eastwards up to the Pyrenees and it stretches westwards through the Encartaciones, where it meets the vernacular architecture from Cantabria. It is a mountainous region, where the proximity of the Cantabrian Sea warms the winter colds and it distributes the rains throughout the whole year. The annual rainfall volume ranges between 1,100 mm and 2,500 mm, and the temperature fluctuation reaches 11-12°C (Ainz 2001, p.31).

3.5. ANTECEDENTS AND BIRTH

The ambiguity of the meaning of the farmhouse shows two different realities of its history which are interrelated.

The first written records of the farmhouse as a way of life date back to a Biscayan document of 1285 (Ainz 1999, p. 50). It is described as a production unit of medieval origin aimed at the self-subsistence, whose birth can be placed during the crisis of the Low Roman Empire and which consolidates between the 12th and the 13th centuries (Santana 1993a, p.9).

However, the first built remains of the compact and solid farmhouses known nowadays do not appear until the end of the 15th century, being the beginning of the 16th century in Biscay. Due to the fact that the farming house has its own name in the Basque Country, it is believed that these constructions replaced existing medieval structures, probably circular or elliptical huts, which were generated by a farming and livestock exploitation. This idea is backed up by the conclusions drawn from the archaeological intervention carried out in the farm Igartubeiti, in Ezkio-Itsaso, Gipuzkoa (Ibañez, Santana et al. 2003p. 42).

en el caserío Igartubeiti, en Ezkio-Itsaso, Gipuzkoa (Ibañez, Santana et al. 2003p. 42).

Estas chozas de estructura de madera protegen espacios para animales, almacén de paja y zona de vivienda, que están distribuidas en distintas edificaciones de diferentes dimensiones y rodeadas probablemente por un seto.

3.6. TRANSFORMACIÓN DEL CASERÍO: DEL SIGLO XVI HASTA EL SIGLO XX

3.6.1. Explosión del siglo XVI

La aparición del caserío moderno como un modelo constructivo contundente que alberga espacios de vivienda y labranza es repentina. Si bien es cierto que no hay una causa específica, la suma de diferentes causas permite que surjan estas edificaciones duraderas con una gran variedad de formas, materiales y estructuras.

La atmósfera de paz con la drástica disminución de robos y saqueos, el crecimiento paulatino de la población, el consecuente incremento de la demanda de pan y bebidas extraídas de manzanales y sobre todo, la buena salud económica generalizada de principios del siglo XVI hacen que los campesinos se animaran a contemplar la posibilidad de construir una vivienda buena y duradera.

En estas circunstancias favorables se produce la explosión de caseríos modernos de piedra y de madera, dando lugar a la construcción de miles de casos. Éstas no dejan rastro del modelo fragmentado de la Edad Media. Los campesinos abren las puertas a maestros constructores que conocen perfectamente las técnicas constructivas y diseñan máquinas de producción de grandes dimensiones capaces de albergar zonas de confort para la vivienda. El objetivo es realizar obras de gran calidad que garanticen durabilidad y que muestren su poder económico al mismo tiempo

These wooden structure shacks protect spaces for animals, hay stores and living areas, which are distributed in different buildings of different sizes, surrounded by a hedge.

3.6. TRANSFORMATION OF THE BASQUE FARMHOUSE: FROM THE 16TH CENTURY TO THE 20TH CENTURY

3.6.1. The explosion of the 16th century

The appearance of the modern Basque farmhouse as a forceful constructive model containing housing spaces and farming is sudden. Although there is not a specific cause, the proliferation of these long-lasting buildings with a huge variety of forms, materials and structures is due to the aggregate of different causes.

The peaceful atmosphere bound to the drastic decrease in robberies, the gradual population growth, the consequent increase in bread's demand and beverages extracted from apple orchards and above all, the widespread healthy economic situation of the beginning of 16th century, encouraged the farmers to outline the possibility of building a good and durable home.

In these favorable circumstances occurs the explosion of the modern Basque farmhouses made of stone and wood, leading to the construction of thousands of cases. They don't have traces of the fragmented models of the middle Ages. The farmers open the gates to master builders that are experts in constructive techniques and they design large dimensions production machines able to house comfortable areas for the dwelling. The purpose is to execute high quality constructions assuring the durability of them and intending to exhibit the economic power, but at the same time being able to protect the family. For that, it seems that Basque farmers have foreign influences and that they imported constructive techniques and working tools

que protege a la familia. Para ello todo apunta a que los labradores vascos tienen influencias del exterior y que importaron técnicas constructivas y herramientas de trabajo de Países Bajos, Francia y Alemania.

Así, durante la transformación del modelo constructivo al nuevo bien sólido y contundente, la crianza de vacas y bueyes de carne pierden protagonismo, y la producción del trigo y de la sidra gana prioridad (Santana 1993b).

3.6.2. Crisis y difusión; el milagro del maíz

En las últimas décadas del siglo XVI, la crisis económica que sufren algunos sectores provoca un aumento notable de caseríos y tierras de labor, donde los aristócratas y mercaderes encuentran la única inversión segura. Pero la producción de cultivo de trigo no es capaz de abastecer la demanda alimenticia existente, y los *baserritarras* introducen el maíz a sus cultivos tradicionales. Esta planta se aclimata milagrosamente a la humedad y a los suelos ácidos del País Vasco, incluso en terrenos antes descartados. El maíz posibilita el triple de volumen que el trigo, y a finales del siglo XVII se cita “*un considerable incremento de las cosechas*” del territorio (Ainz Ibarrondo 1996, p.51). Esto supone la adaptación del caserío como edificio al proceso productivo del nuevo cereal.

Al contrario que al trigo, el proceso del maíz requiere deshojar a mano cada panocha y dejarla secar durante un mes en un lugar ventilado y seco para luego desgranarla. Por lo tanto el caserío se transforma. Crece en altura para dar lugar a un amplio espacio ventilado a modo de galería en la parte superior de la fachada principal.

A pesar de que la introducción del maíz resulta ser un éxito (Fig. 1), la disminución de la demanda y la limitada capacidad productiva, provocan que los caseríos se concentraran en autoabastecerse y subsistir.

from The Netherlands, France and Germany.

Thus, meanwhile the transformation from the constructive model to the new solid and forceful good, the breeding of oxen and cows lose their importance, and the wheat and cider production acquire more priority (Santana 1993b).

3.6.2. Crisis and dissemination: the miracle of corn

In the last decades of the 16th century, the economic crisis that suffers some sectors causes a prominent rising in the number of farmhouses and farmlands. Within them, the aristocrats and merchants find the only reliable investment. But the production of wheat cultivation is not enough to supply the existing eating demand, and the farmers introduce the corn into their traditional farming. These plant adapts miraculously to the humidity and the acid lands of the Basque Country, even in plots previously rejected. The corn makes possible to produce three times more grains than wheat, and by the end of the 17th century it is quoted “*an incredible rising of the harvests*” in the territory (Ainz Ibarrondo 1996, p.51). It means the adaptation of the farmhouse as building for the productive process of the new cereal.

In contrast to wheat, corn's process requires to pull the leaves off by hand from each corncob and leave it drying for one month in an airy and dry place to cut the kernels off later on. Hence, the farmhouse transforms. It grows in height leading to a spacious and airy area in the upper part of the main façade as a gallery.

Although the introduction of corn turns out to be a success (Fig. 1), the decrease in demand and the limited productive capacity, prompt that the farmhouses concentrate on being self-sufficient and on subsisting.

Caserías	Aguirregoyena	Echeverría	Artaunsaroe	Barrensaroe	Abeeta	Iraeta
Renta (reales)	264	54	281	250	102	159
Trigo (fanegas)	15	3	12	10	10	10
Avena (fanegas)		2	3		3	3
Mijo (fanegas)			4	2	2'5	2
Manzana (reales)				6	22	
Castaña (reales)					11	
Capones	2	1	2	2	2	2
Cabritos				2		
Esquilmo ganado (reales)			4	4		6
Tocino (libras)	100			100		
Queso (libras)	12		12	12		

Fig. 13. Aurrecochea's rents (1664) (Aragón 2015, p.99)

3.6.3. Empobrecimiento del propietario: aparición de caseríos bifamiliares y reducidos

En ésta época lo habitual en la vida del campo vasco es que el caserío se habite por una sola unidad familiar. Pero a partir del siglo XVIII con el propósito de aumentar la producción, comienzan a fabricarse los primeros caseríos bifamiliares, que requieren menor riesgo económico y que atraen a menores inversores. Este factor trae consigo la mejora de productividad de la misma parcela por disponer de más manos de trabajo, pero también una mayor cantidad de bocas para darles de comer.

Los *baserritarras* con el único objetivo de aumentar las cosechas empiezan a forzar la tierra con estiércol, limo y sobre todo cal de piedra, hasta provocar su agotamiento convirtiéndola en estéril.

A principios del XIX, para atenuar la escasez de producción de alimentos, se adoptan medidas de nuevas roturaciones y se introducen nuevos

3.6.3. The impoverishment of the landlord: the appearance of semidetached and reduced *baserris*

This time around, in the Basque land it is common that each family inhabits one farmhouse. However, from the 18th century on, focusing on the purpose of increasing the production, the building of semidetached *baserris* starts, involving minor economic risk and attracting smaller investors. This fact leads to an improvement of productivity as more workforces are available, but at the same time it implies that there are more mouths to be feed.

The farmers, with the only aim of increasing the harvests start to force the land with manure, slit and above all with lime stone, up to cause their exhaustion and their turning into a sterile land.

By the beginning of the 19th century, in order to minimize the shortage of nourishment production, new farming products are introduced and new breaking-up measures are adopted. By the

productos de cultivo. A mediados del siglo la patata, alubias y hortalizas cogen protagonismo (Santana 1993). Pese a todas las medidas tomadas, el caserío vasco ya ha empezado a sumergirse en un proceso de empobrecimiento.

Una muestra de ello es la calidad de los edificios. Mientras que en el siglo XVII y XVIII, se construyen edificios de piedra o de entramado que a su vez son símbolo de prestigio social, muchas de las nuevas construcciones rurales del siglo XIX son obras de reducidas dimensiones y de pobre apariencia. El caserío deja de ser una construcción de alta calidad y símbolo de las grandes familias campesinas, aunque la esencia general de su arquitectura se mantiene.

3.7. ESENCIA DE LOS PAISAJES RURALES

El paisaje rural vasco-atlántico es fruto de la influencia del caserío, pero en el sentido más amplio del mismo (Ainz 1999, p. 48). Frente al edificio compacto de piedra y de entramado de madera, el caserío afecta al territorio con sus premisas económicas, sociales, culturales y de su explotación ganadera y agrícola.

Esta construcción compacta, sin patios, galerías, voladizos ni agregados o adosados es una casa de

middle of the century, the potato, the beans and the vegetables gain importance (Santana 1993). Nevertheless the steps taken, the *baserri* has already begun to sink in a impoverishment process.

A signal of it is the quality level of the buildings. Meanwhile in the 17th and 18th centuries stone buildings or structural framework buildings are built, which at the same time symbolize the social prestige, many of the 19th century new rural buildings have poor appearance and reduced dimensions. The farmhouse ceases to be a high quality construction and symbol of the big peasant families, although the overall essence of its architecture remains.

3.7. ESSENCE OF THE RURAL LANDSCAPES

The Basque-Atlantic rural landscape is the consequence of farmhouse's influence, but in the widest sense of it (Ainz 1999, p. 48). In front of the compact stone and woody structural framework, the farmhouse affects the territory with his economic, social, cultural premises and with his cattle and farming.

This compact construction without courtyards, galleries, projections nor annexes or attaches, is a house with large dimensions greater than any other typical rural houses of the adjacent



Fig. 14. Oma's valley

grandes dimensiones superiores a cualquier otra vivienda rural típica de las regiones colindantes que muestra una clara vocación de aislamiento. Los caseríos no forman agrupaciones urbanizadas o estructuradas, ni comparten muros laterales con otras viviendas vecinas (Santana 1989, p. 290). Pero tampoco es su norma de poblamiento la dispersión absoluta. No se debe entender el caserío como un elemento aislado, ya que lo habitual es que forme junto a otros, siete a veinte unidades un barrio denominado “*auzo*”. Las relaciones de vecindad aunque sean estrechas y estén sometidas a un complejo código de convenciones, tampoco se basan en crear plazas o calles, ni responder a las proximidades de vías de comunicación o intercambios económicos. Esto se debe porque la máxima producción y el bienestar familiar son objeto principal de su ubicación y construcción. Por ello el caserío responde fundamentalmente a su integración topográfica y sobre todo, climática.

Estos factores hacen que el paisaje rural del territorio vasco sea único. Los *baserris* aparecen repartidos a lo largo de amplios valles e imponentes laderas, más aislados a mayores alturas. Es también perceptible su conexión con la explotación agropecuaria, donde se aprecia el vínculo de cada caserío con su parcela de cultivo.

3.8. ARQUITECTURA

3.8.1. Arquitectura y calidad constructiva

El caserío como elemento arquitectónico es una construcción de gran calidad y de volumetría compacta. Diseñado por maestros constructores que llevan a cabo los palacetes, iglesias u otras obras sociales, el *baserri* alcanza unos niveles de calidad constructiva que poco se asemeja a las construcciones campesinas coetáneas vecinas.

Aunque se pueda entender como un ejemplo de la arquitectura popular, el caserío no muestra

regiones; which show a clear isolation vocation. The farmhouses does not form an urbanized or structured group, either share side by side walls with neighboring houses (Santana 1989, p. 290). Nevertheless geographical dispersion is not a rule either. The farmhouse cannot be understood as an isolated element, because the farmhouses usually form a neighborhood known as “*auzo*” with other farmhouses; from seven to twenty units. Even though neighboring relationships are very close and suppressed to complex coded conventions, they are not focused on forming squares or streets, either to respond to nearby communication ways or economic exchanges. This is due to the fact that the maximum productivity and the familiar well-being are the main reasons of its location and construction. Thus, the farmhouse character answers essentially to his topographic integration and above all, to climatic reasons.

All these facts make of the Basque rural landscape one-of-a kind. The *baserris* appear distributed within large valleys and impressive slopes, more isolated at higher altitudes. The connection between agriculture and livestock is noticeable as well, in which the link of each farmhouse with his farmland is significant.

3.8. ARCHITECTURE

3.8.1. Architecture and constructive quality

The farmhouse as an architectonic element is a construction of high quality and compact volumetric. Designed by master builders that design mansions, churches or social constructions. The *baserri* reaches to such quality strength levels that does not resemble to other coetaneous rural constructions of Europe.

In spite of it can be understood as an example of popular architecture, the farmhouse does not display a slow local evolution. With an apparently

una lenta evolución local. Con un diseño aparentemente sencillo, sus gruesos muros de mampostería esconden una rica arquitectura. Un edificio con un complejo programa funcional y de una calidad constructiva de alto nivel. La influencia de técnicas ya comprobadas en Centroeuropa, hacen que desde el principio los caseríos estén bien ejecutados. Fueron diseñados por medio de maestros constructores, en el que al contrario de lo habitual en la arquitectura popular, la participación del campesino está limitado al acarreo de los materiales.

Así los caseríos están ejecutados por manos de grandes canteros y carpinteros, y presentan una distribución lógica y muy bien definida. Son construcciones realizadas con una mentalidad moderna y exigente.

3.8.2. Volumen

El *baserri* presenta un volumen sencillo y compacto de grandes dimensiones. Normalmente se basa en una planta rectangular y su envergadura varía según la época de construcción y la estabilidad económica del promotor. Su superficie útil en planta baja puede variar entre alrededor 100 m² y 300 m².

La altura del edificio al principio es más reducida pero con la aparición del maíz, el caserío crece para disponer de espacios secos, calurosos y ventilados para el buen secado de este grano.

3.8.3. Cubierta

El volumen completo se cierra con una cubierta dos aguas de teja roja apoyada en tablas de madera que se soporta con una estructura porticada de madera. Normalmente es simétrica sobre el eje de la fachada principal y los cuerpos añadidos laterales suelen respetar el perfil y la pendiente ya marcada desde el origen que suele ser de entre 24% - 28%.

La sencilla geometría se rompe con la aparición de

straightforward design, their thick walls of masonry hide a rich architecture. A building with a complex functional program and high quality constructive level. Due to the facts that are influenced by already tested Central European techniques, the farmhouses are well constructed by the beginning. They were designed by master builders and in contrast with the usual way of popular architecture, the farmer role is limited to raw materials carriage.

But the farmhouses are constructed by great stone-carvers and carpenters, and they show a logic distribution and very well defined. Their construction requires of a modern and demanding mindset.

3.8.2. Volume

The *baserri* has a simple and a compact volume of large dimensions. Usually it bases on a rectangular floor and its magnitude varies depending on his construction period and the economic stability of the developer. His area in the lowest floor may vary from 100 m² to 300 m².

At the beginning the building height is lower, but once corn appears, the farmhouse grows in height in order to have dry, warm and airy spaces so that the grain could be properly dried.

3.8.3. Roof

The whole volume encloses with a red tile pitched roof supported on wooden boards, which at the same time rest on a wooden arcaded structure. Normally is symmetrical about the axis of the main façade and the added elements on the sides, respect the profile and the pitch marked from the beginning; which value usually varies from 24% to 28%.

The simple geometry breaks up with the appearance of dovetails, which shelters the roof from the wind roses. This third slope emerges from the rear part of the roof, in contrast to the rest of the perimeter,

la cola de milano, que protege la cubierta de las rosas de viento. Esta tercera agua surge en la parte trasera de la cubierta que al contrario del resto del perímetro, no suele presentar aleros en su vértice con la fachada ciega trasera.

Los aleros de la cubierta protegen las fachadas y es en la fachada principal donde más vuelan con el fin de generar un espacio protegido de la lluvia junto al soportal en el que poder trabajar o recoger y almacenar herramientas, perro o leña.

3.8.4. Fachada principal

La fachada principal es probablemente el elemento más caracterizador del caserío. El *baserri* además de una célula de producción y vivienda, es la forma en que los campesinos muestran su poder económico y nivel social. Y es en ésta fachada donde concentran sus elementos más característicos que adquieren un valor esencial para la familia y se convierten en escaparate de su poderío. De manera que es habitual encontrarse con símbolos familiares esculpidos en piezas pétreas en forma de *armarri* de gran complejidad que sólo pueden ser realizados por maestros canteros.

which usually does not hold eaves in his vertex with the blinded rear façade.

The eaves of the roof protect the façades and within the main façade is where they are largest, with the target of producing a sheltered space from the rain next to the porch; which is an area to work or gather up and to store tools, the dog or firewood.

3.8.4. Main façade

Probably the main façade is the most characteristic element of the farmhouse. Apart from being a productive cell and a home, the farmhouse is the way that farmers have to show their economic power and social class. Within this façade are located the most characteristic elements that hold an essential value for the family and they turn into a showcase of their power. Hence, it is common to find family symbols chiseled on stony pieces in the shape of an *armarri*, which only can be shaped for master stone-carvers due to their complexity.

Besides, the overall constructive level of the façade stands out above others. The largest block of stones, the most beautiful wooden frameworks, arches or porch pillars and the ornaments that



Fig. 15. Rural House of Ozollo, G. Arteaga. Urdaibai

Además el nivel constructivo general de la fachada destaca sobre las demás. Es aquí donde se enseñan los sillares de mayor dimensión, entramados de madera de gran belleza, arcos opilares de soportales y ornamentos que hacían único cada caserío. De esta forma hoy en día las fachadas principales esconden elementos de gran valor cultural y ofrecen importantes pistas sobre su período de construcción.

Por otra parte, la fachada principal normalmente se orienta al sureste. Así el edificio se abre sobre esta cara en busca de las ganancias solares, con el objeto de ofrecer los espacios más templados a las zonas de vivienda y para que el soportal esté a buen recaudo para trabajar los meses más lluviosos y más calurosos. El caserío se adapta con naturalidad a su entorno climatológico.

3.9. INTEGRACIÓN AL ENTORNO NATURAL

La construcción tradicional popular suele mostrar una arquitectura sensible a su entorno natural. Con diseños aparentemente sencillos, sus muros suelen esconder lógicos diseños que esconden soluciones de gran calidad.

El caserío es parte de este tipo de arquitectura. Pero además debido a que está diseñado por maestros constructores y ejecutado por carpinteros y canteros con gran experiencia, el *baserri* es una obra arquitectónica de altísima calidad. Es una consecuencia de una tecnología importada y verificada de Centroeuropa que le posibilita una adaptabilidad envidiable a las topografías más pronunciadas de las zonas montañosas y que le permite optimizar los recursos naturales del entorno para responder a las condiciones climatológicas del País Vasco Húmedo.

3.9.1. Integración topográfica

Basado en una arquitectura compacta, con una

make one-of-a kind each farmhouse, took place here. In this way, nowadays façades hold cultural elements of great value and offer important clues about their construction period.

What's more, the main façade usually points the Southeast. Thus the building is more receptive about solar profits with the purpose of offering the mildest spaces to the living areas and so that the porch could be well sheltered in order to work the rainiest and warmest months. The farmhouse adapts with naturalness to his climate environment.

3.9. INTEGRATION TO THE NATURAL ENVIRONMENT

The traditional popular construction shows a sensitive architecture to his natural environment. With apparently simple designs, their walls have logic designs that hide high quality solutions.

The farmhouse is part of this kind of architecture. Besides, as it is designed by master builders and performed by carpenters and stonemasons of broad experience, the *baserri* is a first class architectonic construction. It is a consequence of a verified and imported technology from Central Europe, which confers an enviable adaptability to the most pronounced topographies of the mountainous areas and allows it to optimize the natural resources of the environment in order to respond to the wet weather of the Basque Country.

3.9.1. Topographic integration

Based on a compact architecture, with a rectangular floor, it responds with naturalness to the difficulties of the tough topography of the Basque mountains. Mainly it lines up ridge of the roof with the contour

planta rectangular responde con naturalidad a las dificultades de la dura topografía de los montes vascos. Mayoritariamente alinea su cumbre a las curvas de nivel, mientras sus muros gruesos de piedra sostienen a las pronunciadas laderas.

3.9.2. Adaptación climática

A lo largo de la historia la arquitectura tradicional, al carecer de las tecnologías activas de hoy en día, responde a las necesidades de bienestar a través de comportamientos bioclimáticos adaptados a su entorno. Las características intrínsecas de los materiales del territorio, las condicionantes climáticas y el calor del sol son factores fundamentales para entender los motivos de la durabilidad de las construcciones vernáculas. No es raro encontrarse con diseños pasivos de gran complejidad técnica incluso en los edificios antiguos más humildes aún en las zonas rurales más apartadas.

Este es el caso del caserío. Es destacable la naturalidad de su integración al clima templado y lluvioso vasco. Su orientación no responde a las relaciones socioeconómicas con otros caseríos o lógicas urbanísticas. Prevalece el hecho de disponer de buena luz para trabajar y sobre todo el bienestar familiar.

En términos energéticos el caserío vasco es un modelo ejemplar. Con una arquitectura cerrada

levels, meanwhile the thick walls of stone hold the pronounced slopes.

3.9.2. Climatic adaptability

Throughout traditional architecture history, lacking the actual active technologies, it responds to the welfare needs through bioclimatic behaviors adapted to the environment. The intrinsic characteristics of the regional materials, the weather conditions and the Sun heat are essential elements to understand the durability reasons of the vernacular constructions. It is not unusual to find inactive designs of great technical complexity even in the old and most modest buildings within the most isolated areas.

This is the farmhouse's case. It is remarkable the naturalness of its integration to the lukewarm and rainy Basque weather. Its orientation does not respond to socioeconomic relationships with other farmhouses or urban logics. It prevails the fact of having plenty of light to work and above all the familiar well-being.

In energy terms the Basque farmhouse is an exemplary model. With an almost closed architecture in his totality and with the main façade oriented southeast, it achieves to optimize the maximum solar contribution to warm up and to have natural light. However, the apparently simple design of the farmhouse hides complex bioclimatic strategies that



Fig. 16. Snow in a farmhouse (Joxefe 2010, a)

casi en su totalidad con la fachada principal orientada hacia el sureste consigue optimizar el aporte solar máximo para calentarse y para disponer de luz natural. Sin embargo, la aparente simpleza del diseño del caserío esconde complejas estrategias bioclimáticas que proporciona un variado comportamiento higrotérmico que aún se desconoce con exactitud: el caserío es capaz de albergar dentro de una misma envolvente espacios que requieren distintas condiciones higrotérmicas: la cocina como espacio de confort, la cuadra con alta concentración de humedad y como generador de calor pasivo, y el pajar y el granero como espacios de secado.

En este sentido, este trabajo de investigación analiza y cuantifica el comportamiento energético de un caserío tipo, sacando a la luz la realidad higrotérmica y el potencial de su diseño (apartado 7)

3.10. TIPOS Y VARIANTES DEL CASERÍO

A pesar de disponer de una lectura arquitectónica unitaria y de características morfológicas propias, el caserío muestra variantes para adaptar a su contexto físico, socioeconómico e histórico. El libro "*Euskal Herriko baserriaren arkitektura*" (Larrañaga, Loinaz et al. 2001) entiende que existen unos veinte subtipos que hace imposible reducir la presentación del caserío a un único modelo.

3.10.1. Variantes tipológicas

El caserío tiene variantes tipológicas importantes a lo largo del territorio. Esto se debe a que su objeto además de la protección familiar y satisfacción de las necesidades alimenticias de la familia, es de responder a la realidad socioeconómica y a las demandas de los pueblos de su entorno más próximo.

provide a variety of hygrothermal behaviors that still are not known with accuracy: the farmhouse is able to house inside of the same covering different areas that require different hygrothermal conditions; the kitchen as a comfortable space, the stable with a high humidity concentration and as an inactive heat generator, and the straw loft and the granary as drying spaces.

In this sense, this research work analyses and quantifies the energetic behavior of a sort of farmhouse, bringing to light the hygrothermal reality and the power of its design (Section 7).

3.10. TYPOLOGIES AND VARIANTS OF FARMHOUSES

In spite of having a united architectonic interpretation and distinctive morphological characteristics, the farmhouse shows different versions to adapt to its physical, socioeconomic and historical context. The book "*Euskal Herriko baserriaren arkitektura*" (Larrañaga, Loinaz et al. 2001) classifies kind of twenty subtypes that make impossible to reduce the introduction of the farmhouse to a singular model.

3.10.1. Typological variations

The farmhouse has important typological variations along the territory. This is because the aim of the farmhouse, besides of being the family protection and the satisfaction of the alimentary needs, is to respond to the socioeconomic reality and the demands of the surroundings nearest towns.

· Tipo Vizcaíno:

El caserío del tipo vizcaíno se ubica en toda la provincia de Bizkaia y su extensión llega incluso a cuenca alta del río Deba en Gipuzkoa y los valles alaveses de Aramaiona y Ayala. En esta tipología el granero asume el protagonismo, situándose en el centro de la primera planta a veces con un soportal adyacente en el frontis. Basado en una planta rectangular casi simétrica, en los modelos más elaborados destaca el muro cortafuegos. Este parte por la mitad el edificio y separa las zonas de vivienda y granero, de la cuadra y el pajar.

· Tipo Guipuzcoano:

Esta tipología extendida por los territorios guipuzcoanos acoge una estructura excepcional y única en Europa. Con el fin de exprimir la uva, aceituna y sobre todo, la manzana este caserío se convierte en una gran factoría con una prensa de grandes dimensiones. Una enorme viga longitudinal de madera atada a un tornillo de madera y éste a una pieza pesada de piedra que se sitúa en la planta baja, condiciona esencialmente las zonas de vivienda. El ganado se sitúa en la planta baja y los muros cortafuegos pueden aparecer de forma lateral.

· Biscayan type

The Biscayan type farmhouse is placed within the whole province of Biscay and it reaches until Deba river's high basin in Gipuzkoa and also to the valleys of Aramaiona and Aiara in Araba. In this typology the granary assumes the prominence, as it is located in the center of the first floor, sometimes with a contiguous porch in the façade. Based on an almost symmetric rectangular floor, in the more elaborated models stands out the firewall. This splits in two the building and divides the living and granary areas, the stables and the straw loft.

· Gipuzkoan type

This typology is extended across the Gipuzkoan territories and holds a unique and outstanding structure in Europe. With the aim of squeeze the grape, the olive and above all the apples, this farmhouse turns into a great factory with a large dimensions press. An enormous longitudinal beam tied to a wooden bolt and this to a heavy stone piece located in the lower floor, determine essentially the living areas. The cattle is positioned in the lower floor and the firewalls can appear laterally.

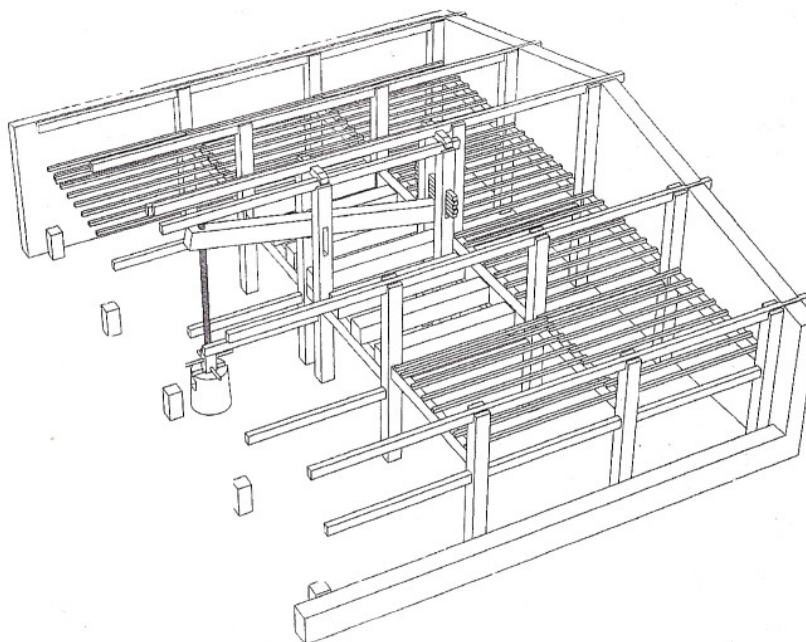


Fig. 17. Wooden structure of the Gipuzkoan type (Larrañaga, Loinaz et al. 2001, p.112)

- Tipo labortano:

Este modelo se asemeja más al modelo vizcaíno, con tres crujías longitudinales. La diferencia está en el que la crujía central es mayor que las demás resultando difícil la circulación entre ellas en la planta superior. El funcionamiento natural es paralela a la cumbrera y no se topa con ningún muro cortafuegos transversal.

Esta tipología se encuentra mayormente en Lapurdi y Baja-Navarra, aunque parecen casos por Baztan, en la vertiente meridional del Pirineo o en algunos municipios de Gipuzkoa, cerca de la cuenca baja de Bidasoa.

3.10.1.1. Variantes históricas

Dado que están diseñados por maestros de la construcción el *baserri* integra elementos de la arquitectura coetánea. La geometría de los huecos, recursos compositivos o los ornamentos de la fachada principal o el tipo estructural comparten estilos artísticos con las iglesias, casas torre o edificaciones sociales construidos en el mismo período.

Existen tres tipos generales en la evolución del caserío que coinciden con sus estilos artísticos coetáneos.

- Renacentista:

El nacimiento del caserío da a lugar a una extensa experimentación de los primeros modelos desde la última década del siglo XV a mediados del XVII. Los requerimientos específicos de cada ámbito hacen que los maestros constructores diseñen diferentes mecanismos para satisfacer a los campesinos. La aparición de distintas soluciones constructivas hacen que existen varios subtipos de ésta época.

Los primeros casos están realizados en piedra y se extendieron en todo el territorio vasco, sobre todo en Gipuzkoa y la Baja Navarra. La estructura

- Labortian type

This model shares similarities with the Biscayan model, with three longitudinal bays. The difference is that the central bay is larger than the others, and as a result of it the circulation among them is harder in the upper floor. The natural operation is parallel to the roof and it does not cross any firewall.

This typology can be found in Lapurdi and in Lower Navarre mainly, although there are some cases in Baztan, also in the Pyrenees southern watershed or in some towns in Gipuzkoa, nearby the Bidasoa's lower basin.

3.10.1.1. Historical variations

As there are designed by master builders, the *baserri* integrate contemporary architectural elements. The geometry of the gaps, the main parts resources or the ornaments of the main façade or the structural types share artistic styles with churches, tower houses or social buildings constructed within the same period.

There are three overall types during the evolution of the farmhouse that agree with their coetaneous artistic styles.

- Renaissance

The birth of the farmhouse gives rise to an extensive experimentation of the first models since the last decade of the 15th century until the middle of the 17th century. The specific requirements of each field lead the master builders to design different mechanisms to satisfy the farmers. With the appearance of different constructive solutions, there are various subtypes of this period.

The first cases were realized in stone and they extended within the whole Basque territory, mainly in Gipuzkoa and in Lower Navarre. The wooden structure that supports the internal forged and the roof does not rely on the perimeter stone walls,

de madera que soporta los forjados internos y la cubierta no se apoya en los muros de piedra perimetrales, llega hasta el suelo. Por ello se entiende que los gruesos muros exteriores, muchos de ellos incluso con triple hoja, no responden a motivos constructivos sino a criterios de prestigio social. Pero este modelo carece de soportal en la fachada principal, y la hermeticidad, la poca luz y el alto coste económico de este sistema constructivo atrajo otros cerramientos más ligeros, transpirables y más económicos.

Los caseríos de entramados cogen protagonismo y constructivamente corresponden a una de las épocas más pobres. Paramentos de mampostería, tablas y ladrillo substituyen a los aparejos de sillarejos. Aún sin soportal, el alero de la fachada principal sobresale para proteger las actividades que requerían de buena luz. Estos modelos carecen del muro cortafuegos y aumenta la cantidad y la dimensión de los huecos en el entramado. Su extensión tampoco llega a territorios vizcaínos, aunque ocasionalmente aparecen en Álava.

Nace el soportal en los siguientes modelos, y el caserío empieza a gozar de popularidad en Bizkaia, aunque no tanto en Gipuzkoa por la incompatibilidad del soportal con el gigante mecanismo de la prensa. A principio los cuerpos laterales de la fachada principal se adelantan aunque con el tiempo comparten plano que los paños de entramado. Durante esta fase nace un peralte entre la planta baja y primera que se extiende a caras laterales. Así, es habitual encontrarse con saltos constructivos de elementos pétreos a entramados livianos.

El espolón de piedra aparece durante esta época esparcido por distintas zonas del País Vasco Húmedo, aunque son los caseríos más cercanos al mar Cantábrico cuales lo utilizan para proteger la fachada principal del viento y para el soporte de cuerpos salientes o de balcones.

Los caseríos con bodegas también son de éste

they reach to the floor. Thus, it is understood that the thick external walls, lot of them even with triple blades, do not respond to constructive reasons but only to social prestige judgments. But this model has a lack of porch in the main façade, and the hermeticism, the scant light and the high economic cost of this constructive system draw another external envelopes more lights, breathable and more economical.

The farmhouses with frameworks gain prominence and constructively bring one of the poorest periods. Surfaces of masonry, boards and brick replace bonding ashlar. Yet without porch, the eve of the main façade stands out in order to protect the activities that require quite light. These models do not have a firewall, and as a result of it the number and the dimensions of the gaps of the framework increase. Their expansion either reaches to the Biscayan territories, but occasionally appears in Araba.

The porch appears in the next models, and the farmhouse starts to gain popularity in Biscay, although not so much in Gipuzkoa due to the incompatibility of the porch with the huge press mechanism. At the beginning the lateral segments of the main façade overtake the framework panes, although as time goes by, they share the same plane. During this phase appears a slope between the lower floor and the first floor that extends until the lateral faces. Thus, is common to come across with constructive leaps from stony elements to light frameworks.

The stoned buttress appears during this period scattered within different areas of the wet Basque Country, although the nearest farmhouses to the Cantabrian Sea, use it to protect the main façade for the wind and to support the sticking out parts or the balconies.

The farmhouses with wine cellars are from this period as well and they diffuse within Gipuzkoa,

período y se difunden en Gipuzkoa, zonas altas de Navarra y el sur de Lapurdi. Estos modelos aprovechan la diferencia de cota de una ladera para situar la bodega en semisótano, con el fin de almacenar la sidra. Se dejan de construir a finales del siglo XVII.

· Barroco:

A finales del siglo XVII las mentalidades van cambiando y con ello la forma de utilizar los espacios interiores. Como los mayorazgos comienzan a ampliar sus bases de renta, se renuevan algunos caseríos y nacen los bifamiliares. Estos caseríos recuperan la calidad constructiva y distributivamente funcionan mejor que las renovadas. La separación tajante de las zonas de vivienda hace que se dupliquen las puertas de acceso al caserío y las escaleras de comunicación entre plantas.

Pero es el gran soportal de uno o más arcos el elemento caracterizados del estilo barroco, a pesar de existan modelos de entramado de esta época. Posibilita un espacio de trabajo y de relación social protegidos de la lluvia y con buena luz, su ubicación en planta baja y sus dimensiones varían con el tiempo y con las necesidades (Santana 1993, p. 7). Existen modelos múltiples arcos o con soportales laterales que rompen la habitual simetría de los caseríos. Fueron varios los casos en el que el antiguo caserío de finales de XVI se amplía sobre su fachada principal para aprovechar el gran uso del soportal y amoldarse a la nueva mentalidad de los campesinos.

El cambio de las exigencias de los *baserritarras* hace que haya modificaciones en la distribución. Se multiplican las habitaciones y aparecen salas en el centro de la primera planta con carácter teatral como reflejo del prestigio familiar. A este se le añade un balcón que sobresale en la fachada principal.

Además en esta época se consolidan los muros cortafuegos y como coincide con la aparición del

Upper Navarre areas and the south of Lapurdi. These models take advantage of the height difference between slopes to place the wine cellar in the lower ground floor, with the aim of stocking the cider. They stop building them at the end of 17th century.

· Baroque

At the end of the 17th century, the mindsets are changing and the way to use the internal areas as well. As the entailed states begin to amplify their incomes, the farmhouses are renovated and semi-detached houses start to appear. These farmhouses recover the constructive quality and distributively operate better than the renovated ones. The categorical distinction of the living areas causes the appearance of the double number of access doors to the farmhouse and the communication stairs between different levels.

But the characteristic element of the baroque style is the porch with one or two arches, although there are framework models from this period. This enables a working space and an area to socialize as well, sheltered from the rain and with fair light, its position on the floor and its dimensions vary with time and with the needs (Santana 1993, p.7). There are numerous arches or lateral porches that break with the usual farmhouse's symmetry. There were some cases in which the old farmhouse of the end of the 16th century is amplified upon its main façade in order to take advantage of the great usage of the porch and to adapt to the new mindset of the farmers as well.

The change in farmer's minds leads to modifications in the distribution. The rooms are doubled and appear lounges in the center of the first floor, with theatrical character as reflect of familiar prestige. An outstanding balcony it is added to it.

Besides, in this period are strengthen the firewalls and as it coincides with corn appearance, the farmhouse grows in height as it requires of spacious

maíz, el caserío gana altura ya que requiere de amplios secadores en los pisos altos. Empiezan también a edificar las cubiertas a tres aguas

Por otro lado, en este periodo existen distintas preferencias históricas en las que los tipos de acabados y revestimientos como composiciones de aparejos de ladrillo o continuos espolones que prolongan los muros cortafuegos. Incluso existen variantes con entramado y con soportales sin arco que muestran pilares con ornamentos de la época.

· Neoclásico:

Los modelos neoclásicos se construyen a partir del siglo XIX, coincidiendo con la decadencia de las características propias del caserío.

A finales del siglo XVIII nace la profesión del arquitecto en el ámbito de los caseríos, y se simplifican los métodos y elementos constructivos del edificio. Los ornamentos y composiciones del barroco pierden fuerza. El soportal desaparece, dado que no se le encuentra gran utilidad. Y se substituye por un zaguán cerrado. Preocupados por la luz los huecos de los muros exteriores crecen en dimensión.

En este período también existen varios subtipos; algunos por las zonas de Navarra donde el caserío gana altura siendo habitual encontrarse con modelos de planta baja más dos o tres. En esa planta baja se sitúa el ganado y nacen huecos con grandes dinteles en la cuadra para el paso de los carros. Otros modelos salen a escena, mostrando variaciones importantes: el neoclásico mixto, el alavés o el encartado, que enseña como sus espolones de la fachada principal reciben dos balcones que se utilizan como secadero son algunos de ellos. O por último el caso del arratiano que tiene forma cúbica, cubierta piramidal y escaleras exteriores para el acceso a zonas de vivienda situadas en plantas altas.

drying places in the upper levels. Three slopes roofs started to be built as well.

What's more, within this period there are different historical preferences in which the finishing touches and the floorings as compositions of brick bonds or continuous buttress that lengthen the firewalls appear. There are even versions with framework and with porches without arches, which show pillars with ornaments of the period.

· Neoclassical

The neoclassical models are built from the 19th century on, coinciding with the decline of the typical farmhouse characteristics.

At the end of the 18th century the profession of architect appeared in the sphere of the farmhouses, and the methods and constructive elements of the building are simplified. The ornaments and the baroque compositions lose their prominence. The porch disappears, because it stops being useful. It is substituted by a closed lobby. Worried about the light, the gaps of the external walls grow in dimensions.

Within this period, there are different subtypes as well, some of them in some areas of Navarre, where the farmhouse grows in height, until the point that is common to come across with models with the lower floor and two or three more. In this lower floor is placed the cattle and appear gaps with big lintels in the stable to enable to pass the carriages. Another models come to the fore, showing important variations: the mixed neoclassical, the alavés or the encartado, which shows how its buttresses of the main façade have two balconies that are used as drying spaces; to mention some of them. Or as the last case, the Arratian one, that has a cubic shape, pyramidal roof and external stairs to access house areas situated in the upper levels.

3.11. DECADENCIA DEL SIGLO XX, EL ABANDONO DE LA EXPLOTACIÓN AGROPECUARIA

3.11.1. El efecto de la industrialización en núcleos rurales:

A mediados del siglo XIX surge el proceso de la industrialización en el País Vasco, que se consolida sobre la moderna siderurgia a partir de 1880. La sociedad sufre un gran impacto demográfico y socioeconómico, y las ciudades empiezan a capitalizar la población. La población desde 1877 a 1930 pasa de medio millón a 900.000, siendo la inmigración una de las principales causas (Gobierno Vasco 2012, p.23-24). Además los burgueses de la zona empiezan a presionar al gobierno a favor de sus intereses y trasladan sus inversiones a las industrias vascas.

Esta revolución modifica drásticamente la situación de los caseríos y núcleos rurales. Muchos *baserritarras* sobre todo los que viven en caseríos menos productivos, se mueven a las ciudades en busca de una vida cómoda y segura, dejando abandonado el caserío. La producción agraria empieza a centralizarse y la amenaza de despoblación rural se generaliza en la Euskal Herria Húmeda. Consecuentemente el poder de los propietarios disminuye y los labradores obtienen contratos más estables, y empiezan a considerar el caserío como un bien propio. Además en el período de la dictadura de Primo de Rivera se permite la compra de los caseríos por los inquilinos. Este proceso se recupera a partir de los años 60.

A pesar de que al principio del siglo XX expertos agrónomos creen en las posibilidades de futuro para el sector agrario, la realidad es que en los primeros 50 años sufre una caída importante; mientras en 1900 aglutina al 47% de los activos, para 1950 ha disminuido al 20% (Ainz Ibarrondo 2001, p 100).

3.11. THE DECLINE OF THE 20TH CENTURY, THE ABANDONMENT OF THE AGRICULTURE AND LIVESTOCK MISUSE

3.11.1. The effect of the industrialization in rural areas

During the course of the 19th century emerges the industrialization process in the Basque Country, which strengthens upon the modern iron and steel industry from 1880 on. The society is affected by a huge demographic and socioeconomic impact, and the cities start to capitalize on the population. From 1877 to 1930, the population increases in 400.000 people, from half million to 900.000, being the immigration one of the main causes (Gobierno Vasco 2012, p.23-24). Besides the upper classes of the area, start to lobby the government in favor of their interests and they relocate their investments to the Basque industries.

This revolution modifies drastically the situation of the farmhouses and rural cores. Many farmers, mainly the ones that live in less productive farms, move to the cities looking for a comfortable and a reliable life, abandoning the farmhouse. The agriculture and livestock production starts to concentrate and the threat of rural population drift becomes overall in the wet Basque Country. As a result of it, the power of the owners' decreases and the farmers start to obtain more stable contracts; thus they start to consider the farmhouse as their own good. In addition, during Primo de Rivera's period, it is allowed the buying of the farmhouses by the tenants. This process recovers from the sixties on.

Although at the beginning of the 20th century agronomist experts believe in the future possibilities of the agricultural sector, the real situation is that in the first fifty years it suffers an important decline; meanwhile in 1990 brings together the 47% of the assets, by 1950 it decreases to 20% (Ainz Ibarrondo 2001, p 100).

3.11.2. Segunda mitad del siglo XX

A partir de 1960 no se edifica ningún caserío. Además en esta segunda mitad del siglo en los caseríos existentes se substituyen el cultivo de trigo, manzanos, maíz u otros que se consideran de bajo rendimiento por prados de siega y plantaciones.

La mecanización del sector, la evolución de la agricultura y la despoblación de los núcleos rurales concluyen en la pérdida de los hábitos familiares, resultando que muchos caseríos pierdan su rol primordial para siempre (Fuentes, Gallego et al. 2010). Muchos son los caseríos que empiezan a quedarse vacíos y que sólo mantienen espacios de vivienda. A pesar de su capacidad de adaptación a distintos contextos y realidades, éste impacto socioeconómico introduce al caserío en una profunda crisis. La falta de relevo generacional es la causa principal de que la función agroganadera entre en desuso (2002, Alberdi, p.14), que va de la mano de *“la baja rentabilidad de las explotaciones en general, la falta de mano de obra, la escasa autoestima y el desprestigio del sector”* (Alberdi 2010, p.23).

Para finales de siglo la explotación agraria llega a sus mínimos, son muy pocos los *baserritarras* que son capaces de vivir de la labranza. Así las superficies ocupadasse reducen radicalmente, cayendo en apenas 45 años un 80% en Bizkaia y Gipuzkoa(Ainz 1996).

3.11.2. Second half of the 20th century

From 1960 on, no farmhouse is built. Besides, in this second half century in the existing farmhouses the cultivation of wheat, apple trees, corn or other considered as low efficient, are substituted by reap meadows and cultivated fields.

The mechanization of the sector, the agricultural evolution and the depopulation of the rural cores originate the loss of the familiar customs, turning out that many farmhouses lost their essential role forever (Fuentes, Gallego et al. 2010). Many farmhouses start staying empty, only maintaining the living spaces. In spite of its adaptability to different contexts and realities, this socioeconomic impact gets the farmhouse into a deep crisis. The lack of generational change-over is the main cause that leads the agricultural and breeding activity to disuse (2002, Alberdi, p.14), which walks hand in hand with *“the overall low profitability of the exploitations, the lack of workforce, the scarcity of self-esteem and the loss of prestige of the sector”* (Alberdi 2010, p.23).

By the end of the century, the farming exploitation reaches to its lowest levels, few farmers are able to subsist on farming. In this way, the occupied surfaces decrease drastically, falling in 45 years an impressive 80% in Biscay and Gipuzkoa (Ainz 1996).

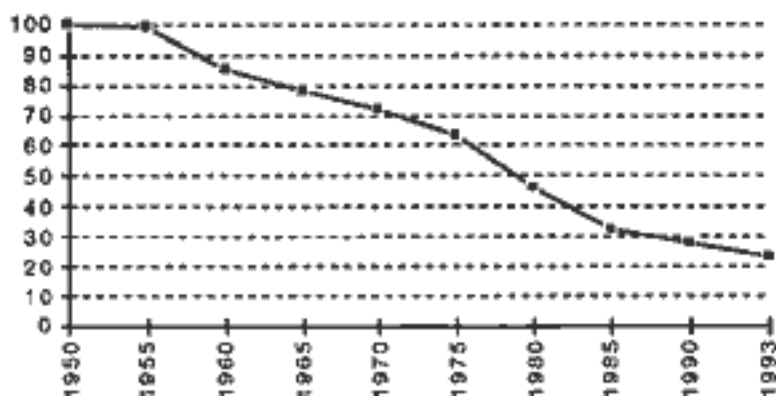


Fig. 18. Cultivated Superficie ocupada por las tierras labradas, 1950-1983 (Ainz 1996)

3.11.3. IbarrolaH, ejemplo del desuso agrario

El caso de la evolución del caserío Ibarrola, analizado por el arquitecto y profesor en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de San Sebastian, Ibon Tellería, es un ejemplo claro del abandono de la función agropecuaria por parte de los *baserritarras*. La pérdida de uso de las zonas previamente dedicadas a la explotación ganadera, como es el caso del establo, pierden su total función. El almacenamiento de los cultivos también se disminuye y los espacios interiores quedan en total desuso.

Tal y como se aprecia en Fig. 11 el caserío Ibarrola desde su construcción mantiene una inercia de adaptación sostenible que perdura hasta finales de la primera mitad del siglo XX. Durante esa época asume transformaciones físicas, constructivas y de uso, pero siempre manteniendo la multifuncionalidad y el carácter agropecuario del edificio.

3.11.3. IbarrolaH, an example of agrarian disuse

The case of the evolution of Ibarrola farmhouse, analyzed by the architect and associate professor in the Higher Technical School of Architecture of San Sebastian, Ibon Tellería, is a clear example of abandon of the agriculture and livestock activity on farmer's behalf. The loss of use of the areas previously dedicated to breeding exploitation, as it is the stable case, loss their total activity. The stocking of the cultivation decreases as well and the internal spaces get into total disuse.

As it can be appreciated in Fig. 11 from its construction, the Ibarrola farmhouse keeps a sustainable adaptability inertia that lasts until the first half of the 20th century. During this period assumes physical, constructive and usefulness transformations but always keeping the multifunctional and farming character of the building.

	born	XVIII cent.	End XIX	XX first half	XX second half	XXI. Cent
stable	25%	26%	22%	26%	12%	0%
residential	17%	30%	38%	30%	23%	20%
storage	58%	44%	40%	44%	30%	10%
empty	0%	0%	0%	0%	35%	70%

Fig. 19. Evolution of Ibarrola Baserri (Telleria 2009)



Fig. 20. Ibarrola Baserri (Telleria 2009)

Pero a partir de la segunda mitad del siglo pasado la explotación agroganadera y de cultivo de los *baserritarras* de Ibarrola entra en una importante decadencia. El 35% de los espacios interiores se quedan en desuso, sobre todo gran parte de la cuadra y zonas de almacenamiento.

En el año 2009 el caserío Ibarrola se encuentra en un estado de abandono casi total. La explotación agroganadera desaparece y se mantienen en uso menos de un tercio de la superficie interior. El carácter del caserío se limita a espacios de vivienda y de almacenamiento.

But from the second half of the past century on, the agriculture and livestock and farming exploitations of Ibarrola's farmers suffered an important decline. The 35 % of the internal spaces are in misuse, above all great spaces of the stables and stocking areas.

In the year 2009, Ibarrola farmhouse is immersed in an almost totally abandoned situation. The agriculture exploitation disappears and remains in use less than the third part of the internal surface. The farmhouse character is limited to living and stocking areas.

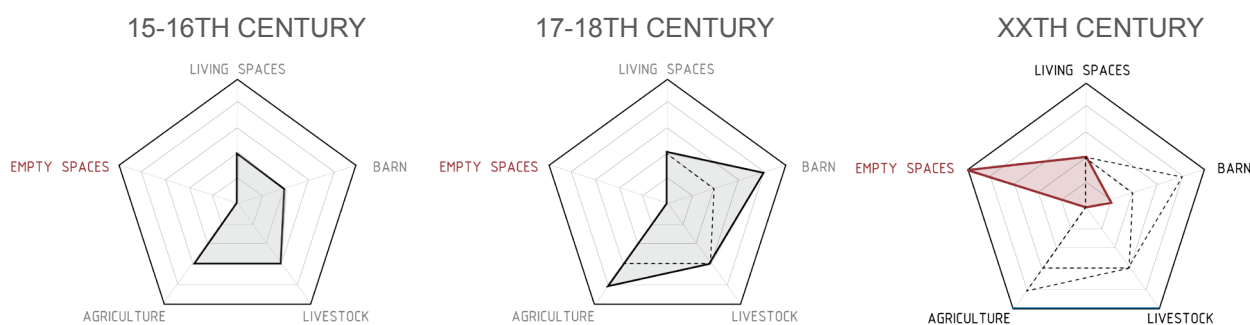


Fig. 21. Baserris internal uses evolution

3.12. UNA FOTOGRAFÍA DEL ESTADO ACTUAL

La realidad de principios del siglo XXI es que en los más de 40.000 caseríos apenas perduran 5.000 familias de *baserritarras* (Larrañaga, Loinaz et al. 2001, p. 23). El abandono de la función agroganadera está generalizado y son muchos los *baserritarras* que abandonan sus caseríos por falta de alternativas. Esto sobre todo surge en los caseríos más recientes, que son los menos productivos y que más dificultades encuentran. Las explotaciones se quedan en manos de unos pocos que han sabido adaptarse a las demandas y han tenido que aumentar la producción con más cabezas de ganado, con mejora de maquinaria y construcción de nuevas instalaciones.

La decadencia de los núcleos rurales se ha

3.12. CURRENT STATE PICTURE

The reality of beginning of the 21st century is that in more than 40.000 farmhouses that remain, there are barely 5.000 families of tenant farmers (Larrañaga, Loinaz et al. 2001, p 23). The abandonment of the agriculture and livestock activity is widespread and there are many farmers that abandon their own farmhouses due to the scarcity of alternative ways of subsistence. This mainly occurs in the most recent farmhouses, which are the less productive and the ones that find more difficulties. The exploitations remains in the hands of few that have known how to adapt to the demands and have had to increase the production adding more cattle heads, improving their machinery and constructing new facilities.

The decline of rural cores has widespread to the whole wet Basque Country, and the idea of the

extendido a todo el territorio del País Vasco Húmedo, y el caserío como patrimonio construido ha sido abandonado total o parcialmente, siendo muy pocos los *baserritarras* que hayan mantenido los hábitos de antaño. A pesar de que existan casos que se hayan adaptado a un nuevo escenario para el caserío, la preservación de este patrimonio cultural corre serio peligro.

La fotografía de la situación actual del caserío como elemento construido muestra la siguiente realidad:

3.12.1. La demolición del caserío

Desafortunadamente cada vez es más frecuente encontrarse con casos de caseríos que han sido demolidos por distintos motivos. Mayoritariamente se reemplazan por una vivienda de nueva construcción que además suelen carecer de criterio arquitectónico. Esto se debe a la falta de sensibilidad y de conocimiento de la sociedad sobre el valor patrimonial del caserío, además de que los motivos de los promotores suelen ser económicos y de higiene. Además aún el *baserri* más pequeño es un edificio demasiado grande para una familia moderna habitual, de manera que los costes de mantenimiento y de inversión que conllevan son más exigentes que reemplazarlo por una construcción ajustada de menor dimensión y calidad.

farmhouse seen as constructed heritage has been abandoned totally or partially, being very few the farmers that have kept the former customs. Although there are some cases that have adapted to a new scenery, the conservation of this cultural heritage is in serious risk.

The photography of the actual situation as a constructed element shows the following reality:

3.12.1. The demolition of the farmhouse

Unfortunately it is becoming usual to come across with farmhouses that have been demolished due to different reasons. Mainly are replaced by a living house of new construction which usually lacks of architectonic criteria. This is due to the lack of sensitivity and society's knowledge of the inherited value of the farmhouse, apart from the fact that the developers are motivated by economic and cleanliness reasons. Besides, yet the smallest *baserri* is a big building for a usual modern family, so that the maintenance and investments costs that implies are much bigger than replacing it for a more adjusted construction of less quality and smaller dimensions.

Other facts like the new urban plans or new



Fig. 22. New farming exploitations. Kortezubi. Urdaibai

Otros factores como los nuevos planes urbanísticos o nuevas infraestructuras que no respetan las trazas existentes han sido causa de demolición de este patrimonio cultural y de destrucción de su valor histórico, como el caso del caserío Asteinza.

3.12.2. El caserío en ruinas, el abandono total

El caserío que se encuentra abandonado y en ruinas es otra realidad del marco actual. La pérdida del carácter multifuncional hace que la familia se mueva a las urbes en busca de trabajo. Además la ubicación del caserío respecto a estas urbes, la humedad de los espacios interiores y el alto coste de mantenimiento del inmueble son algunas de las inconvenientes con que se encuentran los *baserriarras*.

En estos casos se considera que el caserío sufre una obsolescencia funcional total y se queda en desuso, vacío; en riesgo a ruina. Este es el caso por ejemplo del caserío Zierre, en Urdaibai. Un caserío del siglo XV ubicado en el valle de Oma donde sus paredes esconden un gran valor histórico y cultural y que ha sido abandonado por sus propietarios.

infrastructures that do not respect the existing urban traces caused the demolition of this cultural heritage and the destruction of its historical value, as it is the case of Asteinza farmhouse.

3.12.2. The farmhouse in ruins, total abandonment

Other reality of the actual portrait, is the farmhouse that is totally abandoned and in ruins. The loss of the multifunctional character leads the families to move to the cities looking for jobs. Besides, the location of the farmhouse regarding the cities, the humidity of the internal spaces and the maintenance costs of the building are some of the disadvantages that the farmers come across with.

In these cases, it is considered that the farmhouse suffers a complete functional obsolescence and falls into disuse, empty; in risk of ruin. For instance, this is the case of Zierre farmhouse in Urdaibai. A farmhouse of the 15th century located in Oma's valley, which walls hide, a great historical and cultural value and which has been abandoned by its owners.



Fig. 23. Zierre Baserri, an example of a total abandonment . Urdaibai

3.12.3. Caserío como vivienda, el abandono parcial

La situación más habitual del caserío es que haya perdido su carácter agropecuario y su multifuncionalidad y que sólo se mantenga el aspecto residencial. Los labradores lo usan como vivienda manteniendo la ubicación principal, aunque poco a poco se va ampliando hacia al establo, al pajar o al lagar. En estos casos el elemento arquitectónico sufre transformaciones considerables. Lo habitual es que el establo se convierta en zona de día, asumiendo el carácter de “*txoko*” o sala de estar, dada a la buena accesibilidad, mientras las habitaciones y los baños se extienden hacia el pajar.

Esta transformación muestra ejemplos evidentes de abandono parcial, donde la mitad del caserío se encuentra en estado ruinoso. El caserío de la Fig. 16 es un claro ejemplo de ello.

3.12.3. The farmhouse as a home, partial abandonment

Having lost its agriculture and livestock character and keeping its multifunctional feature only in residential facet is the most usual situation of a farmhouse. The farmers live in the farmhouses respecting the original spaces designed for living, although little by little the living areas are spreading to the stables, hay lofts or wineries. In these cases, the architectonic element suffers appreciable transformations. The usual thing is that the stable turns into a daytime space, assuming “*txoko*”’s or living room’s character, due to the good accessibility while the rooms and bathrooms spread to the hay loft.

This transformations concluded in partially abandoned *baserris* where the stable and the hay loft are demolished. The case of the Fig. 16 is an example of this cause.



Fig. 24. A case of partial abandonment, Gautegiz Arteaga. Urdaibai

3.12.4. La moderna explotación agropecuaria, el primer caso del abandono parcial

Son pocos los *baserritarras* que consiguen mantener la explotación agropecuaria y en ese proceso han tenido que adaptar su capacidad de

3.12.4. The modern agriculture and livestock exploitation, the first case of partial abandonment

Few are the farmers that manage to keep the agriculture and livestock exploitation and within this

producción al aumento de la demanda debido al crecimiento demográfico. Cuando antes era una red de caseríos la que respondía a las necesidades alimenticias, ahora la hacen unos pocos. Esto les requiere unas instalaciones de mayor tamaño y productividad, y les ha llevado a trasladar la explotación a nuevas construcciones en torno al caserío, que no mantienen ningún criterio arquitectónico (Alberdi 2014, p.131). La higiene y el olor en los espacios de vivienda también ha sido motivo de esta transformación.

El caserío como elemento construido se limita a funciones de vivienda y de almacenamiento. En este sentido existe un abandono parcial y el desuso de los espacios es el que más inconvenientes ofrece para la preservación del bien patrimonial.

Se añade que las nuevas construcciones no responden a una lectura arquitectónica ni paisajística, ni en su estética, ni en su integración topográfica ni en sus proporciones ni en sus alineaciones, quedando lejos de la calidad global en que se basan los caseríos tradicionales.

process have had to adapt their production capacity to the demand increase due to the demographic rise. Whether in the past, a farmhouses network was able to respond to the nourishing needs; nowadays few make it. These requires of facilities of greater dimensions and productivities, which lead them to move the exploitation to new constructions nearby the farmhouse; that have not got any architectonic criteria (Alberdi 2014, p. 131). The cleanliness and smells within living spaces caused these transformations as well.

The farmhouse as constructed element is limited to housing and stocking functions. In this sense, there is a partial abandonment and the disuse of spaces is the fact that more disadvantages offers in order to preserve the inherited good.

What is more, the new constructions do not respond to an architectonic interpretation, either landscape or aesthetic reasons, nor in its topographical integration or proportions or lining ups, placing far away from the global quality that traditional farmhouses are based in.



Fig. 25. New buildings for livestock exploitation (Aberdi 2014, p.141)

3.12.4.1. Destruyendo el paisaje rural

Al final éste efecto está concluyendo en un deterioro del paisaje rural vasco. Y en este hilo el

3.12.4.1. Destroying the rural landscape

This effect is resulting in a damage of the Basque rural landscape. In line with it the researcher Jose

investigador Jose Manuel Alberdi propone unos criterios de construcción y alineación para una apropiada integración paisajística

Manuel Alberdi suggests some constructing criteria and linings up for appropriate landscape integration.

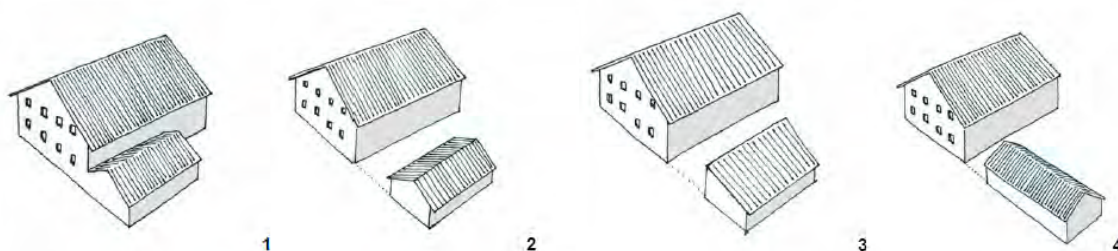


Fig. 26. New integrated volumetric proposals (Aberdi 2014,

3.12.5. Caserío con carácter tradicional

Aunque sea la situación menos frecuente, la realidad es que es posible encontrarse con casos en los que la familia *baserritarra* mantenga la explotación agropecuaria dentro del caserío. Este es el caso del caserío Barrenetxe, en el barrio de Belendiz, Arratzua.

En estos casos, aunque la dedicación agroganadera les sirva para saciar algunas bocas, no se ganan la vida sólo con la explotación. La mantienen con el objeto de no perder las costumbres y el hobby del *aitita* de la familia. El mal olor, la falta de higiene y su lejanía de los estándares de confort de hoy en día suelen ser algunas de las habituales quejas de los propietarios.

3.12.5. Farmhouse with traditional character

Although the situation is less frequent, the reality is that is possible to come across with cases in which the farmer family keeps the agriculture and livestock exploitation within the farmhouse. This is Barrenetxe farmhouse case, located in the neighborhood of Belendiz, in Arratzua.

In these cases, in spite of agriculture and breeding may help them to feed some mouths, they cannot make a living of it. They keep it aimed on not losing the traditions and the “*hobby*” of the oldest member of the family, the grandfather or as it is in Basque the *aitita*. The bad smell, the lack of cleanliness and their far distance from the nowadays comfort standards are the usual complaints of the owners.



Fig. 27. Barrenetxe, a *baserri* with traditional use. Urdaibai

3.12.6. Nuevas alternativas de uso

Desde que existe la presente decaída del sector primario, el caserío ha buscado otras funciones a las que responder dentro de las posibilidades que ofrecen las demandas socioeconómicas y culturales.

3.12.6.1. Segregación en viviendas

La atracción de vivir en zonas rurales, desconectado de la vida de la ciudad, ha concluido en una demanda social que pretende segregar los caseríos en distintas viviendas. Esta nueva adaptación requiere una importante transformación del inmueble dado que las exigencias de luz natural y confort de las zonas residenciales son mayores que las de establo, pajar o lagar.

3.12.6.2. Turismo y hostelería

El caserío asume un valor cultural y simbólico único para la sociedad vasca, y el interés histórico y constructivo del inmueble y su calidad espacial ha llevado a varios *baserritarras* a invertir en una adaptación ligada a la hostelería y al turismo. Muchos se han convertido en restaurantes, sidrerías, bares, incluso en agroturismos, casas rurales o museos

3.12.6. New alternative uses

Since the first sector decline exists, the farmhouse has looked for other functions, within the possibilities that the socioeconomic and cultural demands offer.

3.12.6.1. Splitting in housing

The attraction of living in rural areas, disconnected from the city's lifestyle, is resulting in a social demand that pretends to segregate the farmhouses in different housings. This new adaptation requires from an important transformation of the building, due to the natural light and housing comfortable spaces requests are greater than the ones of the stables, the hay lofts or the wineries.

3.12.6.2. Tourism and hospitality industry

The farmhouse assumes a cultural and one-of-a kind value for the Basque society, and the historical and constructive interest of the building and its spatial quality, has led many farmers to invest in an adaptation linked to the hospitality industry and the tourism. Many of them have turned into restaurants, cider bars, bars even in agrotourism, rural houses or museums.



Fig. 28. Piano performance in Zabalaga *baserri*, Chillidaleku museum(Montaje concierto Chillida)

En este trabajo se analizan las posibilidades de uso que existen para los caseríos, donde la hostelería y el turismo asumen parte de protagonismo.

3.13. LA IRREVERSIBILIDAD DE LAS ACTUACIONES

A la decadencia social del caserío se le debe añadir que la mayoría de las rehabilitaciones que se llevan a cabo carecen de criterio arquitectónico y constructivo y de sensibilidad hacia su valor patrimonial. Sin haber realizado documentación previa alguna es habitual que la estructura existente de madera se destituye por una nueva porticada de hormigón, con elementos horizontales tales como soleras, forjados y cubiertas del mismo material que altera el comportamiento estructural del edificio y que sufre con los sales y la humedad del ambiente.

Además el cambio de uso también ha requerido de nuevas transformaciones en la envolvente, sobre todo a lo que respecta a los huecos. Olvidándose de las composiciones existentes, el aumento de las ventanas existentes y la apertura de nuevos huecos en las caras ciegas del muro perimetral de piedra suelen ser actuaciones habituales en las rehabilitaciones.

Estas intervenciones son irreversibles y destructivas, de manera que imposibilitan la recuperación del valor histórico y cultural que albergaba el caserío en su estado previo. En este hilo se necesita un manual en forma de buenas prácticas que defina los criterios de valoración e intervención en el caserío.

3.14. HACIA UNA ADAPTACIÓN SOSTENIBLE DE CALIDAD

A pesar de que algunos caseríos hayan podido adaptarse a las exigencias socioeconómicas modernas, la crisis generalizada del sector primario

In this work, the existing possibilities of using the farmhouses are analyzed, in which hospitality industry and tourism assume part of prominence.

3.13. THE IRREVERSIBILITY OF THE ACTIONS

In addition to the social decline of the farmhouse, there has to be mentioned that most of the restorations performed, lack of architectonic and constructive criteria and sensitiveness to their inherited value. Without having previously read up on it, it is common that a new concrete porch replaces the existing wooden structure with horizontal elements like concrete beds, forged and roofs of the same material; which modify the structural behavior of the building and undergoes with the environmental salts and humidity.

Besides, the usage change has required of new transformations in the covering, above all regarding the gaps. Forgetting about the existing works, the increase of the existing windows and the opening of new gaps on the blind sides of the perimeter wall of stone are usual actions within restorations.

These actions are destructive and not reversible, so that prevent from the recovering of the historical and cultural value that the farmhouse hold in its previous state. In connection with it, it is necessary good practices manual that defines the valuation and intervention criteria upon the farmhouse.

3.14. TOWARDS A QUALITY SUSTAINABLE ADAPTATION

In spite of some farmhouses being able to adapt to the modern socioeconomic requirements, the widespread crisis of the first sector during the 20th century led to the overall abandonment of the

del siglo XX hace que el abandono globalizado del caserío sea una realidad del marco actual. Cada día es más frecuente encontrarse con *baserris* en desuso e incluso demolido. Además las pocas actuaciones que se llevan a cabo carecen de sensibilidad patrimonial. Todo ello conlleva a que los valores patrimoniales intrínsecos que albergaban los caseríos desaparezcan y que la preservación de este patrimonio cultural y de los paisajes rurales vascos se encuentre actualmente en serio peligro.

Este panorama de la decadencia asentada hace que se requiera de una apuesta y un entendimiento de la sociedad en conjunto, los expertos académicos, profesionales del sector y las instituciones hacia un nuevo escenario que acoja con naturalidad este bien construido. Es este el momento en el que el caserío necesita de una adaptación respetuosa, de calidad y sostenible, que esté a la altura de la propia exigencia de su esencia.

Una transformación que parta del entendimiento de su valor cultural y de su historia y que mire hacia un escenario de futuro. Un escenario capitaneado desde la integridad social y adaptado a las nuevas alternativas socioeconómicas que existan en el territorio. Se deben entender los caseríos como unos microsistemas capaces de albergar distintos usos que crean una red construida y llena de memoria capaz de responder a distintas necesidades territoriales.

Además esta nueva adaptación necesita ir de la mano de una intervención que mantenga la calidad arquitectónica que siempre le ha caracterizado al caserío. Una calidad que en el contexto arquitectónico actual además requiere de una sensibilidad medioambiental olvidada durante el último siglo. Cada tipo de intervención debe entender el comportamiento higratérmico intrínseco del inmueble y adaptarse con naturalidad a los nuevos escenarios.

farmhouses, and this fact resulted in a reality in the actual situation portrait. Each day is more frequent to come across with *baserris* in disuse or even demolished. What is more, the few actions that are carried out lack of inherited sensitivity. All of that leads to the disappearance of the essential inherited values that the farmhouses hold and currently puts the preservation of this cultural heritage and the Basque rural's landscapes in serious risk of disappearance.

This established decline scene requires of making a bet and of an understanding of the society as a group, the academic experts, professionals of the field and the institutions; towards a new scenery that takes naturally this build good. This is the moment that the farmhouse needs of an integral adaptation, being of quality and sustainable, matching up the requirements of its own essence.

A transformation that begins with the understanding of its cultural and historical value and looks towards to a future scenario. A scenario lead by the social integrity and adapted to the existing new socioeconomic alternatives in the territory. The farmhouses must be understood as microsystems able to hold different uses that create a constructed network and full of memory capable of responding the different territorial needs.

What is more, this new adaptation requires of walking hand in hand with an intervention that keeps the architectonic quality that always has characterized the farmhouse. A quality, that in the actual architectonical context requires of an environmental sensitivity forgotten during last century. Each type of intervention must understand the essential hydrothermal behavior of the building and adapt naturally to the new sceneries.

En resumen, es éste el momento en el que se debe definir una línea de acción que acote las pautas para una adaptación sostenible e respetuosa con su historia que abrace íntegramente a los tres fundamentos esenciales:

- **Respeto y preservación del valor cultural e histórico del caserío vasco**
- **Integración en el nuevo desarrollo rural sostenible mediante alternativas de uso**
- **Sensibilización con la huella medioambiental de la rehabilitación y su adaptación al nuevo marco energético**

En el siguiente apartado se exponen con detalle los tres fundamentos.

To sum up, this is the moment to define a route map that delimits the guidelines for a sustainable and respectful adaptation with its history that embraces entirely the three essential fundamentals:

- **Respect and preservation of the cultural and historical values of the Basque farmhouse**
- **Integration in the new rural sustainable development through usage alternatives**
- **Increase awareness with the environmental trace of the restoration and its adaptation to the new energetic situation**

In the next section the three fundamentals are explained in more detail.

4. HACIA LAS CLAVES PARA UNA ADAPTACIÓN SOSTENIBLE Y RESPETUOSA

4. TOWARDS THE KEYS TO A SUSTAINABLE AND SENSITIVE ADAPTATION

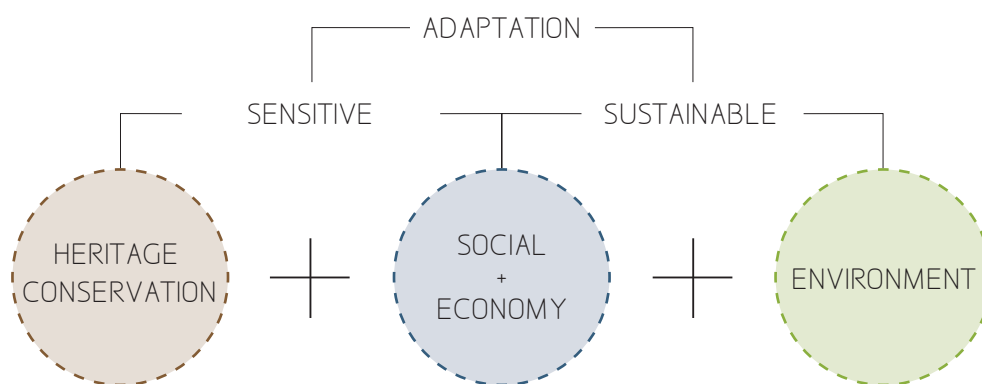


Fig. 29. The keys for sustainable and sensitive adaptation of built heritage

4.1. ESTRUCTURA

Este apartado se divide en tres bloques principales donde se exponen las claves para una adaptación respetuosa y sostenible del caserío vasco.

· VALOR PATRIMONIAL

Las actuaciones en una construcción existente exigen el conocimiento de su valor patrimonial previo a alguna intervención. En este proceso se da a conocer el significado patrimonial general del caserío para la sociedad vasca. Se expone lo que significa el caserío como documento histórico construido y que valores puede albergar que se deban respetar e integrar en las futuras modificaciones.

Conservar el valor cultural del mismo es de interés global independientemente de su titularidad jurídica, por lo tanto se necesitan unos criterios valorativos que evalúen el valor para que el profesional pueda decidir.

La difusión es fundamental.

· NUEVOS ESCENARIOS; HACIA UN DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE

El caserío ha sido la residencia y fábrica idónea para el *baserritarra* para sus necesidades de vida agropecuaria a lo largo de los últimos cinco siglos. El cambio socioeconómico sustancial que sufrió en el siglo XX hizo que parte esencial se devaluará, pero hoy en día sigue existiendo una red de infraestructura edificada a lo largo de estos años en las zonas rurales.

En este apartado se analizan las alternativas que existen para el futuro escenario rural donde el caserío es microsistema esencial. Se viste el



4.1. STRUCTURE

This section is divided in three main units where the keys to a sustainable and sensitive adaptation of the Basque farmhouse are explained.

· HERITAGE VALUE

Any action on an existing construction requires the prior knowledge of its heritage value. This process shows the general heritage meaning of the farmhouse for the Basque people. It is explained what the farmhouse means as a built historical document and which of the values it can have should be respected and integrated in future modifications.

The preservation of its cultural value is of global interest, regardless of its legal ownership. Therefore, some assessment criteria which evaluate the value are needed, so that the professionals involved can make a decision.

Dissemination is essential.

· NEW SCENARIOS: TOWARDS A SUSTAINABLE RURAL DEVELOPMENT.

The farmhouse has been the ideal residence and factory for the farmers in order to meet the needs of their agricultural lifestyle for the last five centuries. The considerable socioeconomic change it had to undergo in the 20th century caused part of its essence to lose its value, although nowadays there still exists a network of infrastructure built over all these years in rural areas.

This section analyzes what alternatives there are for the future rural scenario, in which the farmhouse is an essential micro system. The farmhouse is

caserío de distintos usos que podría albergar, siempre manteniendo su enlace con el cultivo de los pastos vascos

· IMPACTO AMBIENTAL

En este apartado la adaptación del caserío se sitúa en el contexto energético actual, donde los Estados Miembros de la Unión Europea en 2008 definieron la iniciativa “20-20-20” con el objetivo de disminuir el impacto ambiental. Este plan consiste en reducir un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero desde 1990, mejorar en 20% la eficiencia energética de la UE e incrementar la producción de la energías renovables hasta el 20% del consumo. Éste plan es actualizado a través de la comisión Europea en el año 2014 con la publicación de “*Un marco estratégico en materia de clima y energía para el período 2020-2030*”.

Así se contextualiza el caserío y se exponen las distintas normativas que existen. De manera que se explican las estrategias energéticas que se pueden implantar en el caserío para acercarse de forma apropiada a los objetivos de las directivas. Para ello se concluye en la necesidad de conocer el comportamiento energético actual del caserío vasco y los factores que lo sostienen. Así partiendo de éste conocimiento se podrán establecer unas pautas para una adaptación de mínimo impacto medioambiental que vaya de la mano del nuevo marco energético y que se integre con los valores patrimoniales intrínsecos.

transformed according to the different uses it could take on, keeping its link with the farming of the Basque pastures all along.

· ENVIRONMENTAL IMPACT

In this section, the adaptation of the farmhouse is considered within the current energy context, in which the Member States of the European Union established the “20-20-20” initiative with the aim of reducing environmental impact. This plan consists in decreasing greenhouse gases by 20% starting from 1990, improving the energy efficiency of the UE by 20% and increasing the production of renewable energies to cater for up to 20% of the whole consumption.

This is the context in which the farmhouse is set and the regulations it is subject to. It is explained the range of energy strategies that can be implemented in the farmhouse to get close to the aims set by the directives. In order to achieve that, it is concluded that it is necessary to know the traditional and current energy performances of the Basque farmhouse and the factors which sustain it. Therefore, taking this information as the starting point, some guidelines are established to obtain an adaptation with a minimum environmental impact which goes together with the new energy framework and integrates the intrinsic heritage values.

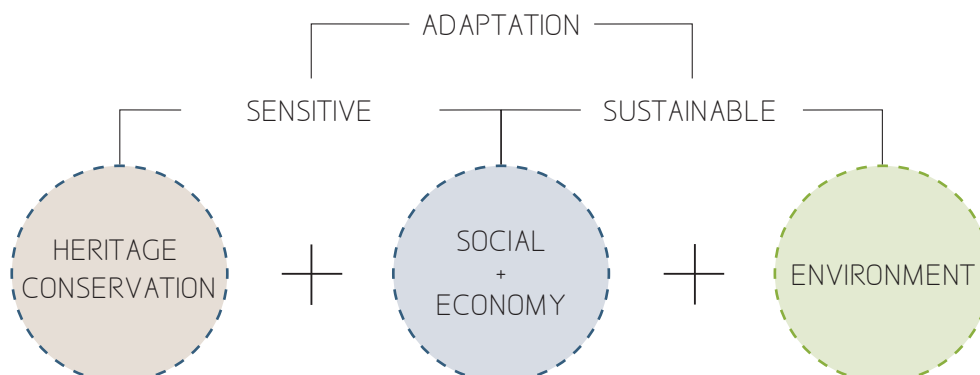


Fig. 30. The keys for sustainable and sensitive adaptation of built heritage

4.2. LA RESERVA DE BIOSFERA DE URDAIBAI, LÍMITE DE EXTENSIÓN GEOGRÁFICA

Debido a la larga variedad tipológica e histórica que existe en los más de 40.000 caseríos a lo largo del territorio vasco, el análisis de esta tesis doctoral se acota para simplificar las variables ajenas a los objetivos fundamentales de la experimentación. En este sentido, este apartado hace un especial hincapié en los más de 1.700 caseríos de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, en Bizkaia, que corresponden mayoritariamente a una misma tipología arquitectónica: la vizcaína (Gobierno Vasco 2009). Más información en el apartado 5.4.

4.2.1. Urdaibai, la Reserva de Biosfera protegida por la UNESCO

El territorio de Urdaibai es un estuario de más de 22,000 ha de gran riqueza ecológica declarado Reserva de Biosfera por el comité MaB (Man and the Biosphere) de la UNESCO en 1984. Pertenece a la red mundial de 631 Reservas de Biosfera que se extienden a lo largo de 120 países. Todas ellas comparten el objetivo de impulsar el equilibrio entre la conservación de los recursos naturales y el desarrollo económico y social sostenible (UNESCO 2015).

El estuario de Urdaibai fue protegida por vez primera en la Comunidad Autónoma de Euskadi como Reserva de Biosfera en 1989 *“en razón de*

4.2. URDAIBAI BIOSPHERE RESERVE, LIMIT OF GEOGRAPHICAL EXTENSION

Due to the wide typological and historical range that can be found in the more than 40,000 farmhouses throughout the Basque territory, this doctoral thesis is delimited so as to simplify the variables outside the fundamental aims of the research. Thus, this study focuses specially on the over 1,700 farmhouses located within the Urdaibai Biosphere Reserve, in Biscay, most of which were built following the same architectural typology: the Biscayan (Gobierno Vasco 2009). More info in 5.4 section.

4.2.1. Urdaibai, the Biosphere Reserve protected by UNESCO

The area of Urdaibai is an estuary of over 22,000 ha with a great ecological wealth, declared a Biosphere Reserve by the MaB committee (Man and the Biosphere) of UNESCO in 1984. It belongs to the worldwide network of 631 Biosphere Reserves that are spread across 120 countries, all of which share the objective of promoting the balance between the conservation of natural resources and the sustainable economic and social development (UNESCO 2015).

Furthermore, the Urdaibai Estuary was protected for the first time in the Autonomous Community of Euskadi as a Biosphere Reserve in 1989 *“owing to its natural, scientific, educational,*



Fig. 31. Biosphere Reserve of Urdaibai

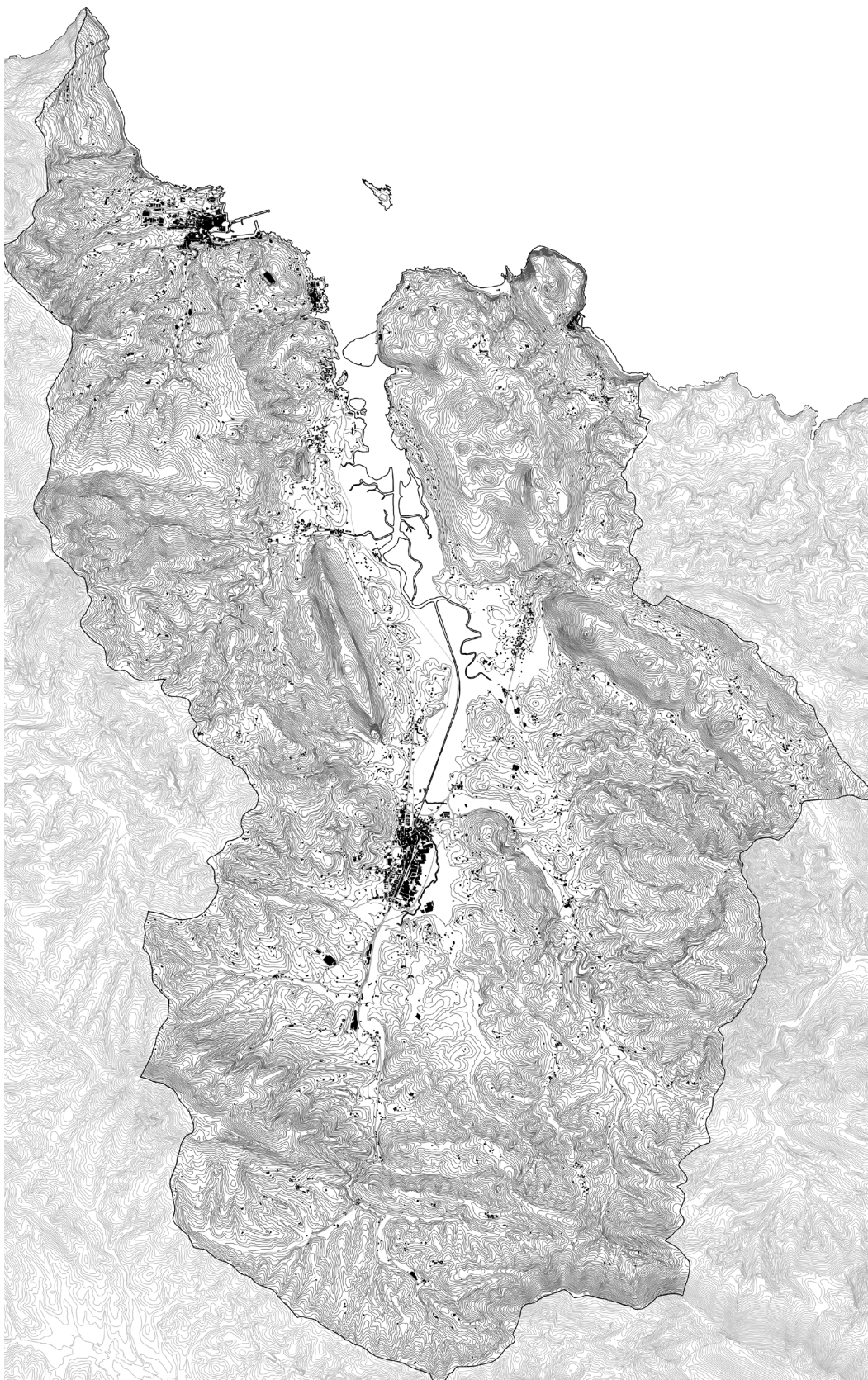


Fig. 33. Plan of the Biosphere Reserve of Urdaibai

su interés natural, científico, educativo, cultural, recreativo y socioeconómico" (B.O.P.V. 1989). En apenas una década, en 1998, se aprueba el programa de armonización y desarrollo de actividades socioeconómicas de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (B.O.P.V. 1998). De manera que es de considerar que la conversación bien natural del estuario tiene que ir de la mano del desarrollo socioeconómico como de la preservación y puesta en valor de la gran riqueza cultural.

4.2.2. Antropología y paisajes culturales

El estuario formado por la desembocadura del río Oka ha disfrutado de la presencia humana de más de 15.000 años. Existen testimonios desde el Paleolítico Superior a los romanos, y es históricamente destacable la necrópolis con enterramientos desde siglo I. Hoy en día, la presencia antropológica se centra en los dos núcleos urbanos más importantes del territorio, Gernika-Lumo y Bermeo, que reciben cerca de 75% de los 45.000 habitantes de Urdaibai. Puesto que la densidad media de estos municipios destaca en comparación con otros municipios: en Gernika es de 1.995 hab/km² y por ejemplo en Munitibar es de 16 hab/km². La media general es considerablemente menor que la media de Bizkaia, 154 hab/km² y 514 hab/km² respectivamente, mientras en la Comunidad Autónoma es de 301 hab/km² (IHOBE 2009).

A pesar de la actual concentración humana, la relevancia de los núcleos rurales en el paisaje es de destacar. El desarrollo socioeconómico de los siglos anteriores se centraba por un lado en la pesca con el puerto de Bermeo, como uno de los más activos de la costa Vasca, y por el otro en el ganado y el cultivo, donde los caseríos dominaban los campos de Urdaibai.

El paisaje rural actual está lleno de historia y de memoria, que lo convierten en único. Varias construcciones tradicionales sociales y religiosas

cultural, recreational and socioeconomic interest" (B.O.P.V. 1989). Within just a decade, in 1998 the programme for the coordination and development of socioeconomic activities of the Urdaibai Biosphere Reserve is approved (B.O.P.V. 1998). Therefore, it should be considered that the conservation of the natural value of the estuary should go together with the preservation and the enhancement of its great cultural wealth.

4.2.2. Anthropology and cultural landscapes

Humans have been present in the estuary formed by the mouth of the river Oka for over 15,000 years. There is proof which dates back to the Upper Paleolithic and the Romans, and it is historically worth highlighting the necropolis with a burial ground from the 1st century. Nowadays, human presence is concentrated in the two main urban areas in the region, Gernika-Lumo and Bermeo, which account for nearly 75% of the 45,000 inhabitants of Urdaibai. Their average population density stands out in comparison with other towns. For example Gernika has a density of 1,995 pop per km², whereas Munitibar's one is 16 pop per km². However, the average population density in Urdaibai, 154 pop per km², is considerably lower than the one in Bizkaia and the Autonomous Community, whose densities are 514 pop per km² and 301 pop per km² respectively (IHOBE 2009).

Despite the current human concentration, the relevance of rural districts in the landscape is considerable. The socioeconomic development of the past centuries focused on fishing on the one hand, with the harbour of Bermeo standing as one of the busiest ones in the Basque coast, and on farming and animal husbandry on the other, with farmhouses dominating the fields in Urdaibai.

The current rural landscape is full of history and memory, which make it unique. Although several traditional social and religious buildings can be found occasionally across the territory, the built

destacan puntualmente a lo largo del territorio, pero sobre todo el valor cultural constructivo de Urdaibai se expone en base a una importante variedad histórica y constructiva de caseríos de gran calidad.

Desde finales siglo XV y principios de XVI surgen las primeras construcciones de tipología vizcaína con la finalidad de proteger a la familia, de mostrar el poder del *jaun* y de satisfacer las necesidades familiares además de la demanda de alimentos de la sociedad. La explosión de los caseríos consigue crear una red territorial de productores de cultivos y ganados que responde a las necesidades del estuario.

Urdaibai se llena de núcleos rurales con alto valor cultural y memoria y todavía hoy en día algunos de ellos se conservan con cierto rigor. El caso del valle de Oma es el probablemente el más destacable, que debido a su ubicación no ha estado expuesto al desarrollo urbanístico y a la invasión de nuevas construcciones. De manera que actualmente mantiene el carácter y las trazas de antaño con un

cultural value of Urdaibai is represented by an important historical and structural variety of high quality farmhouses.

The first buildings of the Biscayan typology appear in the late 15th century and the early 16th century, for the purpose of providing shelter for the family, showing the power of the *jaun* and satisfying the need for food, not only of the household, but also the society. The explosion of the farmhouses resulted in the development of a local network of farming and husbandry producers which meets the needs of the estuary.

Urdaibai filled with rural districts with a great cultural value and memory, some of which are still preserved with some rigour. The case of the valley of Oma is probably the most remarkable one, since due to its location it has not been exposed to urban development and the invasion of new constructions. Consequently, it currently maintains the ancient character and traces of a bunch of farmhouses of high quality and great beauty. See Fig. 18.



Fig. 34. Oma valley. Urdaibai

puñado de caseríos de gran calidad y belleza. Véase Fig. 18.

4.2.3. La evolución del sector primario y el mercado de Gernika

Tradicionalmente en la Reserva de Biosfera de Urdaibai, los caseríos como microsistema de explotación, constituían una red de producción de cultivo y agroganadero sostenible y equilibrado. Una red en el que cada *baserritarra* encontraba su lugar de exposición y venta en la urbe más importante del territorio: en el mercado de Gernika.

Este mercado es internacionalmente conocido por el bombardeo sufrido en 1936 por los aviones de Hitler a través de la petición del dictador español Francisco Franco. Suceso que fue perfectamente plasmado en el famoso cuadro cubista de *Guernica* por el pintor malagueño Pablo Picasso. Pero el mercado fue y sigue siendo actualmente el punto de encuentro de los *baserritarras* y habitantes. Aquí es donde todos los lunes por las mañanas se venden los productos de primera calidad que provienen de los caseríos de Urdaibai.

Además, el primer y el último lunes de Octubre se realizan dos eventos puntuales donde todo el

4.2.3. The evolution of the primary sector and the market of Gernika

Farmhouses, working as an exploitation micro system, have traditionally formed a sustainable and balanced farming and husbandry production network, where each farmer would find their place for showing and selling their products in the most important town in the region: the market of Gernika.

This market is known worldwide for the bombardment it suffered in 1936 by Hitler's troops at the request of the Spanish dictator Francisco Franco. This event was perfectly recorded by the painter Pablo Picasso in the famous cubist painting *Guernica*. However, the market used to be and still is the meeting point for farmers and locals. It is the place where the first quality products coming from the farmhouses of Urdaibai are sold every Monday morning.

Moreover, two special events take place on the first and last Mondays of October, in which the whole town of Gernika becomes a special market. Here, the crowd can acquire all sorts of local farming products, livestock and even the working tools of the farmers.



Fig. 35. The market of the last monday of October, Gernika. Urdaibai (The market of Guernica, 2010)

municipio de Gernika se convierte en un mercado especial. El público puede adquirir todos los productos que provienen de la explotación agropecuaria, el propio ganado e incluso de herramientas de trabajo para los *baserritarras*.

Por lo que respecta al sector primario en la Comunidad Autónoma Vasca en el año 2009 en el sector agrario existen 49.624 empleos. El 40% del trabajo es familiar, excluyendo a los jefes de explotación que mantienen una edad media de 58.1 años. Pues existe la falta de relevo generacional. Una tercera parte de las explotaciones están en manos de un encargado de explotación mayor de 65 años y tan sólo el 9,6% de las explotaciones están en manos de un menor de 40 años.

El PIB agrario representa 0,49% del PIB de la Comunidad Autónoma Vasca, aunque el coste de la “*no agricultura*” se estima que ronda os 1.000 millones de Euros, el 1,8% PIB, y la destrucción de 14.000 empleos (Gobierno Vasco Sin publicar, p.28).

Sin embargo, por lo que respecta a la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, según los datos del año 2001, a pesar de la caída del número de personas ocupadas en este ámbito que desde 1996 es de 25,5% todavía mantiene un papel indiscutible, por encima del sector de la construcción: el 9,4% de la población se dedica a la explotación. En Bizkaia y en CAPV la caída es menor -7.7% y 10,1%-, pero sólo alcanza 1,5% y 1,8% respectivamente. Es de

Regarding the primary sector, there were 49,624 jobs in the agricultural sector in the Autonomous Community of Euskadi in 2009. 40% of this business is family run, without including the managers of the exploitations, whose average age is 58,1 years. This leads to a lack of a new generation to take over, as a third of the exploitations are run by a manager older than 65, whereas only 9,6% of them are run by one younger than 40.

The agricultural GDP accounts for 0,49% of that of the Autonomous Community of the Basque Country, although the “*no agriculture*” is estimated to cost about 1,000 million Euros, which is 1,8% of the GDP, and the loss of 14,000 jobs (Gobierno Vasco Sin publicar, p.28).

However, regarding the Urdaibai Biosphere Reserve and according to data from 2001, despite the 25,5% drop in the employment rate in the sector since 1996, it still plays an essential role in the region, as 9.4% of the population works in exploitations, more than in the construction sector. Even though the fall in Bizkaia and the ACBC is not as important, 7.7% and 10.1% respectively, the occupation in agriculture stands at 1.5% and 1.8% respectively. On the other hand, 55.5% of the population works in the tertiary sector and 26.7% in the manufacturing sector (IHOBE 2009, p.40).

Territorio	1997	2003	Δ 1997-2007
CAPV	25.357	32.609	28,6%
Bizkaia	25.011	32.201	28,7%
Urdaibai	24.508	33.283	35,8%
Markina-Ondarroa	23.763	29.821	25,5%

Fig. 36. Evolution of occupied population (IHOBE 2009, p.40)

añadir que el 55,5% de la población se dedica al sector terciario y el 26,7% a la Industria (IHOBE 2009, p.40).

La cultura campesina tradicional se mantiene asentada en Urdaibai. Pero la producción se ha limitado a unas pocas explotaciones, en la que la mayoría de éstas han trasladado la función de establo a nuevas construcciones de reducido interés arquitectónico con el objeto de aumentar el rendimiento. Asimismo, el desuso agropecuario en los caseríos es generalizado y la crisis de este patrimonio construido también se ha extrapolado al estuario de Urdaibai.

En este sentido esta investigación mira hacia una adaptación sostenible e respetuosa del caserío en base a las investigaciones y planes de desarrollo rural realizados con el mismo objetivo.

Tal y como se ha comentado previamente, se estructura la adaptación en tres claves primordiales.

4.3. HACIA LA CONSERVACIÓN DEL VALOR PATRIMONIAL DEL CASERÍO

La primera clave para la adaptación del caserío es el respeto a su historia, a su valor patrimonial y a su significado para la sociedad vasca.

Sin embargo, esta adaptación conlleva una transformación que como cualquier intervención de un testimonio visible y tangible del patrimonio cultural, va ligado a una alteración de su estado original. Puesto que si no se interviene, sufrirá deterioro y se aumenta el riesgo a convertirse en ruina (Gómez 2010).

Por lo tanto la clave está en entender su significado, en acotar lo que se debe conservar y en definir la intervención desde el conocimiento de su valor patrimonial.



The traditional rural culture still remains well-established in Urdaibai. However, the production has been reduced to a handful of exploitations, most of which have relocated the function of the barn in new constructions with little architectural interest in order to improve their productivity. What is more, farmhouses are hardly used for farming purposes and the crisis of this built heritage has spread into the estuary as well.

This way, this research looks into a sustainable and sensitive adaptation of the farmhouse, based on the research and the rural development plans which have been carried out with the same aim.

As it has been mentioned before, the adaptation is structured along three fundamental keys.

4.3. TOWARDS THE PRESERVATION OF THE HERITAGE VALUE OF THE FARMHOUSE

The first key for the adaptation of the farmhouse is the respect towards its history, its heritage value and its significance for the Basque society.

However, this adaptation entails a transformation that, like any action on a visible and tangible testimony of cultural heritage, is linked to an alteration of its original state. Since if no action is taken, it will become deteriorated and the risk of it falling into ruins increases (Gomez 2010).

Therefore, the key lies in understanding its meaning, limiting what must be preserved and defining the action from the knowledge of its heritage value.

Fig. 37. Heritage Conservation. The 1st key for sensitive and sustainable adaption.

4.3.1. El significado del Patrimonio Construido

El Consejo Internacional de Monumentos y Sitios Histórico-Artísticos, ICOMOS, define el patrimonio como “*un característico y atractivo resultado de la sociedad*”. Una sociedad que ve reflejada su identidad y su relación con el territorio en el elemento construido (ICOMOS 1999).

De esta manera, los edificios tradicionales se deben entender como fuentes de la identidad cultural de una sociedad y como una síntesis de sus valores propios (Santana 1998, p.1). A lo largo de los últimos años, el significado del patrimonio construido ha adquirido además una mayor dimensión que la propia construcción; su comprensión se ha trasladado del monumento al territorio, pasando por la escala del *lugar*. El caserío vasco es una muestra clara de ello.

- 1ª fase. Monumentalización y conservación
- 2ª fase. Lugar y tutela
- 3 fase. Territorio y políticas culturales

4.3.1. The meaning of the Built Heritage

ICOMOS, the International Council on Monuments and Sites, defines heritage as “*a characteristic and attractive result of society*”. A society which sees its identity and its relationship with the territory reflected in the constructed element.

This way, traditional buildings must be understood as sources of the cultural identity of a society and as a synthesis of the values it feels as its own (Santana 1998, p.1). Over the last years, the meaning of the built heritage has acquired a greater dimension than that of the construction itself. The way to understand it has changed from the status of monument to territory, considering the scale of the site in between. The Basque farmhouse is a clear sign of this.

- 1st phase. Status of monument and preservation
- 2nd phase. Site and protection.
- 3rd phase. Territory and cultural policies.

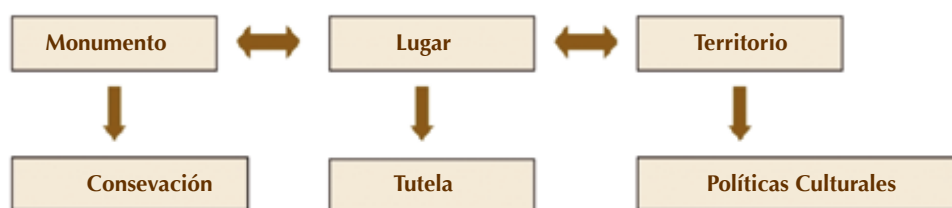


Fig. 38. Heritage scale (Instituto Nacional de Antropología e Historia 2014, p.42)

Los edificios vernáculos son el reflejo de un modo de interpretar las tradiciones y expresiones de un territorio y por lo tanto es parte integrante de los paisajes culturales (Cañas, Ayuga et al. 2009). Estos son el resultado de la interacción que ha existido históricamente entre el ser humano y el su entorno natural (Gullino, Larcher 2013). De manera que cualquier actuación en un patrimonio construido transforma el lugar y por lo tanto el paisaje.

Vernacular buildings are the reflection of a way of interpreting the traditions and expressions of a territory and they are therefore an integral part of the cultural landscapes (Cañas, Ayuga et al. 2009). These have come as a result of the interaction which has existed between humans and their surroundings throughout history (Gullino, Larcher 2013). So any action on a built heritage transforms the place and, consequently, the landscape.

En el caso del caserío éste efecto es mayor, debido a que su función socioeconómica está ligada a la explotación del suelo y cualquier alteración de ésta práctica va de la mano de un cambio paisajístico visual. Pues la continuidad de los paisajes rurales y culturales pasa por la conservación de los elementos patrimoniales que los componen (Fuentes, Gallego et al. 2010).

4.3.2. La conservación del Patrimonio Construido

La conservación del patrimonio arquitectónico ha sido un área de estudio de expertos y objeto de las regulaciones en Europa desde el siglo XIX. Los criterios de restauración de Viollet-le-duc y John Ruskin eran ya objeto de fuerte polémica sobre los principios de conservación y restauración.

Pues la conservación de patrimonio arquitectónico no se traduce a la mera permanencia de la materia construida (Almagro, Navarro et al. 2009). El conjunto constructivo es una consecuencia de una realidad socioeconómica y resultado de una transformación territorial, que obtiene un significado que va modificando con el paso del tiempo (Gómez 2010).

A esto se ha de sumar que el patrimonio cultural es una fuente no-renovable, única, irremplazable y no intercambiable que actualmente se encuentra en continua confrontación con la transformación social, económica y tecnológica (Council of the European Union 2014).

De manera que no es posible fundamentarse en políticas de patrimonio aisladas, sino que se requieren estrategias de más amplio desarrollo. Así el objetivo principal de la intervención en el patrimonio construido es la de preservar y socializar un conjunto de bienes que simboliza una identidad y un valor patrimonial único.

Su adecuada conservación necesita de una

This effect is more noticeable in the case of the farmhouse, since its socioeconomic function is linked to the exploitation of the lands and any alteration to this activity involves a visual change in the landscape. The continuity of the rural and cultural landscapes relies on the preservation of the heritage elements they consist of (Fuentes, Gallego et al. 2010).

4.3.2. The preservation of the Built Heritage

The preservation of architectural heritage has been a field of study for experts and object of regulations in Europe since the 19th century. The restoration works of Viollet-le-dun and John Ruskin were already objects of controversy over the principles of preservation.

The preservation of the architectural heritage cannot be understood as a mere continuity of constructed matter (Almagro, Navarro et al. 2009). The collection of building elements is a consequence of a socioeconomic reality and the outcome of a territorial transformation, so it acquires a meaning which changes over the time (Gómez 2010).

In addition to this, the cultural heritage is a non renewable, unique, irreplaceable and non exchangeable resource, which is currently continually being confronted with the social, economic and technologic transformation (Council of the European Union 2014).

Consequently, against the impossibility to rely on unconnected heritage policies, strategies which involve a wider development are needed. This way, the main purpose of the action on the built heritage is to preserve and open to the society a set of assets that symbolizes an identity and a unique heritage value.

Its adequate preservation requires a methodology based on transdisciplinary work that enables the active co-operation between agents from different

metodología de trabajo transdisciplinar que permita la interlocución activa de agentes de distintas disciplinas. Se empieza desde una compilación de los valores existentes en función del agente implicado (Gonzalez Moreno-Navarro 2014), para luego terminar definiendo prioridades de intervención y para considerar en el transcurso de los programas de conservación (Gómez 2010).

4.3.3. El caso del caserío vasco

El caserío, además de ser el símbolo de la arquitectura popular para el pueblo vasco, es una expresión de su identidad y de la relación que han mantenido los labradores con el territorio a lo largo de los últimos cinco siglos.

Su arquitectura y sus muros esconden la historia y el proceso de transformación de la vida agropecuaria de sus antecesores. Son resultado de la continua adaptación de los *baserritarras* a las necesidades familiares y de su entorno social. Y a día de hoy es el patrimonio que mejor representa la transformación de la vida rural que da lugar a un paisaje cultural único lleno memoria e identidad.

La preservación del caserío como elemento construido y el paisaje cultural que le rodea están

disciplines. The starting point is the identification and listing of existing values depending on the agent involved (Gonzalez Moreno-Navarro 2014), which is followed by determining intervention priorities to be considered during the course of preservation programmes (Gómez 2010).

4.3.3. The case of the Basque farmhouse

Besides being the symbol of vernacular architecture for the Basque people, the farmhouse is an expression of their identity and the relationship the farmers have kept with the territory for the past five centuries.

The history and the process of transformation of the agricultural live of the Basque ancestors is hidden within its architecture and walls, as they are the result of the continuous adaptation of the farmers to the needs of their families and the social environment. At present, it is the type of heritage that best represents the transformation of rural lifestyle which gives rise to a unique cultural landscape full of memory and identity.

The preservation of the farmhouse as a built element and the cultural landscape that surrounds it are linked, since both of them depend on the local



Fig. 39. cultural landscape. Oma, Urdaibai

ineludiblemente unidos debido a que los dos dependen del desarrollo socioeconómico local. Por ello la preservación de calidad de los dos pasa por proteger e incentivar la buena salud social y económica de los núcleos rurales.

Sin embargo, la conservación del caserío pasa por otra peculiaridad que dificulta aún más la gestión del proceso de intervención; su propiedad jurídica.

4.3.3.1. La propiedad jurídica

El *baserri* tradicionalmente ha sido símbolo de la familia con el que se manifiesta su poder social y económico. Por lo tanto jurídicamente pertenece en su totalidad a una propiedad privada. Factor que entorpece la posible participación de las instituciones públicas competentes que a la vez muchas veces es necesaria para la familia propietaria para hacer frente a la alta inversión económica que conlleva una intervención integral y de calidad.

Esta realidad se encuentra con que el caserío, como patrimonio construido, es sobre todo fruto de la expresión de la diversidad cultural global de la sociedad, de manera que es de interés público universal independientemente de su titularidad jurídica (Azkarate, Ruiz de Ael, M. J. et al. 2003, p.14). Y la adecuada preservación del mismo requiere de una correcta y respetuosa gestión (ICOMOS New Zealand Charter 2010)

Por lo tanto se concluye que es responsabilidad de las instituciones públicas competentes, como representantes de los ciudadanos, y de todos los agentes que actúan en cada intervención proteger el valor patrimonial que representan los caseríos y promover mediante herramientas activas, ayudas económicas u otro tipo de apoyos gubernamentales una intervención que respete y preserve su valor patrimonial para que la historia y la esencia de la cultura tradicional perdure a lo largo de los años.

socioeconomic development. That is why the high quality preservation of both of them hangs on the protection and the stimulation of the social and economic wealth of rural districts.

Nevertheless, the preservation of the farmhouse also depends on another peculiarity which obstructs even further the management of the process of intervention: its legal ownership.

4.3.3.1. Legal ownership

The farmhouse has traditionally been the symbol of the family whereby their social and economic status is shown. Therefore, it legally belongs to a private owner in its entirety, which hinders the possible participation of the competent authorities, which is at the same time necessary for the proprietor family to face the considerable investment a comprehensive and high standard intervention involves.

However, the farmhouse, as built heritage, is above all the result of the expression of the world's global cultural diversity, so it is of universal public interest regardless of its legal ownership (Azkarate, Ruiz de Ael, M. J. et al. 2003, p.14). Its adequate preservation requires a correct and respectful management (ICOMOS New Zealand Charter 2010).

Therefore, it is concluded that the competent authorities, as representatives of their people, and all the agents involved in every intervention have the responsibility for the protection of the heritage value that the farmhouses represent and the promotion of an intervention that respects and preserves its heritage value so that the history and essence of the traditional farmers remains in future years.

4.3.3.2. Protección existente de los caseríos

Desde que se aprecian los primeros síntomas de la decadencia las instituciones tardan en reaccionar. La primera ley escrita sobre la protección de los caseríos esta fechada en el año 1933. En ella se promueve la construcción de nuevos caseríos, reconstrucciones y obras de saneamiento. No se contempla otro uso que el agropecuario, e incluso llegar a detallar el programa de los nuevos caseríos.

Sin embargo es la Ley 7/1990, de 3 de julio, de Patrimonio Cultural Vasco, la que empieza a calificar e inventariar los inmuebles culturales. Así define el patrimonio cultural vasco:

“El patrimonio cultural vasco es la principal expresión de la identidad del pueblo vasco y el más importante testigo de la contribución histórica de este pueblo a la cultura universal. Este patrimonio cultural es propiedad del pueblo vasco. La protección, defensa y enriquecimiento del patrimonio cultural, cualquiera que sea su régimen jurídico y su titularidad, es uno de los principios ordenadores de la actuación de los poderes públicos” (B.O.P.V. 1990).

Sin embargo existe una falta de protección en las normativas que concluye en unos paisajes rurales que muestra la trágica fotografía de demoliciones enteras o parciales de caseríos. Esta falta de protección del inmueble va de la mano de la carencia de apoyos y ayudas desde institucionales competentes que incentiven al *baserritarra* a rehabilitar su caserío.

Por otro lado, en las normativas vascas se califica y se evidencia el patrimonio cultural construido como un conjunto, olvidándose de la importancia de proteger elementos que lo constituyen. Esta ley de 7/1990, de 3 de julio entiende que el patrimonio construido se compone en los siguientes niveles:

“a) Monumento, entendiéndose por tal todo bien mueble o inmueble que individualmente considerado presenta un interés cultural.

4.3.3.2. Protection of the existing farmhouses

Public authorities took a long time to react after the first symptoms of decay were felt. The first written law on the protection of the farmhouses dates back to 1933, in which the construction of new farmhouses, refurbishments and sanitary works are promoted. This law does not consider any uses other than the agricultural one, and it even details the scheme of new farmhouses.

However, it is the Law 7/1990, dated on 3rd July, regarding the Basque Cultural Heritage, which begins to classify and inventory cultural properties. Such is the definition of the Basque cultural heritage:

“The Basque cultural heritage is the main expression of the identity of the Basque people and the most important witness of the historic contribution of this country to the universal culture. This cultural heritage is property of the Basque people. The preservation, protection and enrichment of the cultural heritage, regardless of its legal regime and its ownership, are some of the guiding principles of action of the authorities” (B.O.P.V. 1990).

Still, the lack of protection in the regulations results in rural landscapes portraying the tragic image of complete or partial demolition of farmhouses. This lack of protection of the building comes together with the scarcity of funding and support from the authorities, which could encourage farmers to restore their farmhouses.

On the other hand, Basque regulations Show the built cultural heritage as a whole, without considering the importance of protecting the elements it consists of. The aforementioned law considers architectural heritage to be comprised of the following three levels:

“a) Monument, that is, any personal property or real property which constitutes cultural interest when considered individually.

b) *Conjunto monumental, entendiéndose por tal toda agrupación de bienes muebles o inmuebles que conforman una unidad cultural.*

c) *Espacio cultural, entendiéndose por tal el constituido por lugares, actividades, creaciones, creencias, tradiciones o acontecimientos del pasado vinculados a formas relevantes de la expresión de la cultura y modos de vida del pueblo vasco.*"(B.O.P.V. 1990).

Asimismo, en el caso de los caseríos las diputaciones o los municipios son los que los califican. Pero en estos casos también, como se aprecia en las Normativas Subsidiarias de Kortezubi, Bizkaia, se limitan al "área intramuros de edificios" (B.O.B. 1998, p.18233).

En este sentido es indispensable que las normativas se actualicen para proteger los caseríos y que lo hagan de forma que los entiendan como un conjunto de elementos constructivos con su específico valor patrimonial.

Para ello existen metodologías de valoración que ayudan a entender y valorar el patrimonio construido desde un punto de vista global, amplio e interdisciplinar. Éstas son parte de un análisis previo a la intervención imprescindible para conseguir una intervención sensible a su valor patrimonial.

4.3.4. Proceso de análisis previo a la intervención

La intervención sensible al valor patrimonial se fundamenta en dos fases principales: la fase del conocimiento en el que se acotan las pautas de protección y posteriormente, se determinan los criterios de intervención.

b) *Monument groups, that is, any group of personal property or real property which constitute a cultural unit.*

c) *Cultural space, that is, any space made up by places, activities, creations, beliefs, traditions or past events linked to relevant ways of expression of the culture and lifestyles of the Basque people*" (B.O.P.V. 1990).

In the case of the farmhouses, the responsibility for classifying them rests with the regional governments or town councils. But even in these cases, only the "area within the walls of the buildings" (B.O.B. 1998p, 18233) is taken into consideration, as shown by the Local Regulations of Kortezubi, Bizkaia.

Under these circumstances, it is indispensable to update the regulations so as to protect the farmhouses so that they are regarded as a whole set of built elements with their specific heritage value.

For this purpose, there are assessment methodologies which help to understand and value architectural heritage from a global, wide and interdisciplinary point of view. These are part of an analysis prior to the intervention, which is essential to reach an intervention which shows sensitivity to its heritage value.

4.3.4. Preliminary analysis

A sensitive intervention on the heritage value consists of two main stages: firstly, protection guidelines are set during the stage of knowing, and secondly, the intervention criteria are defined.

**CONOCER/
KNOWING**



**INTERVENCIÓN/
INTERVENTION**

4.3.5. CONOCER I. Criterios valorativos; las pautas de protección patrimonial

En este camino hacia una adecuada preservación del caserío vasco, uno de los pasos más trascendentales es conocer el valor patrimonial de cada caso para que la intervención sea respetuosa y sensible.

Son varios los estudios llevados a cabo que determinan unos criterios de valorativos para identificar el valor patrimonial de cada elemento del conjunto construido a base de lecturas transdisciplinarias.

A principios del presente siglo *“The Getty Institute of Conservation”* de Los Ángeles publica el informe de investigación *“Values and Heritage Conservation”* que determina cinco principales criterios valorativos que acoge tanto el valor tangible como el valor intangible: el valor estético, espiritual, social, histórico y simbólico (Avrami, Mason et al. 2000). A estos criterios se les suma el valor de la autenticidad histórica que protege cualquier elemento construido que sea único y distintivo (Clarke 2010).

Otros estudios, que provienen de universidades de arquitectura, expanden más las vías de valoración arquitectónicas y reemplazan el valor estético por el arquitectónico, artístico, formal y constructivo-estructural además de sumar el funcional (Gómez 2010). Se añade que también existen otros valores que se deben tener en cuenta a la hora de conocer el valor completo de un patrimonio construido. El valor económico por ejemplo necesita ir junto al social debido a que las circunstancias económicas de la creación o transformación del edificio acogen de relevante protagonismo.

Sin embargo, como se contempla en la experimentación de esta tesis, el comportamiento energético intrínseco tradicional del caserío goza de interés y de autenticidad, de manera que se considera que se debe añadir a la lista de los

4.3.5. KNOWING I. Assessment criteria; guidelines for the protection of the heritage

On this quest for an adequate preservation of the Basque farmhouse, one of the most significant steps is to know the heritage value of each case so that the intervention is respectful and sensitive.

Several studies determine some assessment criteria to identify the heritage value of each element comprising the building set, by means of readings involving different disciplines.

At the beginning of this century, *“The Getty Institute of Conservation”* of Los Angeles published the research report *“Values and Heritage Conservation”*, which defines five main assessment criteria that take into account both tangible and intangible values: the aesthetic, spiritual, social, historical and symbolic values (Avrami, Mason et al. 2000). In addition to these ones, there exists the value of historical authenticity, which protects any built element that is unique and distinctive (Clarke 2010).

Other studies carried out by architecture schools expand even further the procedures of architectural assessment and replace the aesthetic value with the architectural, artistic, formal and construction-structural value, apart from including the functional one (Gómez 2010). Besides, there are other values that must be taken into consideration when understanding the whole value of the built heritage. For instance, the economic value needs to go together with the social one, since the economic circumstances of the creation or transformation of the building take on considerable prominence.

However, as it is shown during the experimentation of this thesis, the traditional intrinsic energy performance of the farmhouse boasts interest and authenticity, so it is believed that it should be added to the list of the assessment criteria of the buildings.

criterios valorativos de los bienes construidos.

En resumen, a falta de definirlo y estudiado más en profundidad, los criterios valorativos se exponen de la siguiente manera.

1. Valor Histórico (Antigüedad)

2. Valor Arquitectónico (Calidad)

a. Proyectual

- Energético
- Funcional
- Artístico

b. Constructiva

- Formal
- Estético

3. Valor cultural (Autenticidad):

- a. Representatividad / Originalidad
- b. Estado de conservación de sus propios valores.

4. Valor inmaterial (Aspectos simbólicos)

- a. Simbólico
- b. Social
- c. Económico
- d. Espiritual

- **Valor histórico.** El valor histórico parte de entender el patrimonio como un documento histórico e identificar aquellos valores que enseñen la creación y la evolución del objeto construido, su datación, el autor del mismo y sus circunstancias. Existen caseríos construidos y transformados en diferentes épocas, y su valor en un principio irá de la mano de su antigüedad. Cuanto antes fue construido, más valor histórico tendrá ese elemento.
- **Valor arquitectónico.** Este valor se divide en proyectual y construido dado que algunos valores son intangibles pero si perceptibles. La funcionalidad y el comportamiento energético son conceptos compartidos en cada tipología, mientras las trazas artísticas

To sum up, still having to be defined and studied in depth later on, the assessment criteria can be listed this way:

1. Historical Value (Antiquity)

2. Architectural Value (Quality)

a. Project value

- Energy
- Functional
- Artistic

b. Structural

- Formal
- Aesthetic

3. Cultural Value (Authenticity):

- a. Representation / Originality
- b. State of conservation of its own values.

4. Immaterial Value (Symbolic aspects)

- a. Symbolic
- b. Social
- c. Economic
- d. Spiritual

- **Historical value.** The historical value stems from the understanding of heritage as a historical document and from identifying the values that show aspects of the built object such as its creation and evolution, dating, author and their circumstances. There are farmhouses which have been built and transformed in different ages, and their value is initially linked to their antiquity. The earlier they were built, the greater the historical value the element has.
- **Architectural value.** This value is divided into the project and structural ones, as some values can be perceptible in spite of being intangible. The functionality and the energy performance are some features that are shared by the different typologies, whereas the artistic features of the farmhouse are based on the age in which they were built and the status of their owner. Some other factors,

se basan en la época construida y en el poder del propietario del caserío. Existen otros factores como el urbanístico que en el caso de los *baserris* no gozan de protagonismo debido a que su emplazamiento se preocupa más de disponer de buena luz y confort que de relacionarse con otras construcciones.

Por otro lado, el constructivo representa a valores más físicos que muestran la calidad constructiva del caserío. En este apartado a pesar de que los primeros caseríos se realizaban con elementos de mayores dimensiones, se pueden fechar caseríos de gran belleza y de exquisita calidad constructiva en épocas más recientes. Por lo tanto su valor dependerá de cada construcción.

- **Valor cultural.** El valor cultural es más amplio. El patrimonio constructivo representa una manera de interactuar con el territorio, es un signo de identidad de cada nación y es el mejor representante cultural que perdura a lo largo del tiempo en los paisajes de cada territorio.

En este sentido cualquier caserío simboliza por naturaleza cultural la tradición campesina vasca de manera que su valor en torno a este aspecto debe gozar de especial protección y sensibilidad.

- **Valor inmaterial.** El valor inmaterial representa por un lado el aspecto social y económico que son circunstancias esenciales en la creación de los bienes construidos; y por el otro representan un símbolo o un valor espiritual del entorno. Y de la misma manera que en el valor cultural, el caserío vasco encarna la esencia socioeconómica y simbólica de los antepasados de esta nación.

Estos criterios valorativos marcan las líneas de

such as the urban one, are not as relevant to the farmhouses, since its location seeks the necessary lighting and comfort rather than the relationship with other buildings.

On the other hand, the structural one represents more physical values that show the structural quality of the farmhouse. Even though the first farmhouses were built using larger elements, exquisite examples of great beauty can be found in more recent ages. Therefore, their beauty varies in each of the cases.

- **Cultural value.** The cultural value is a broader one. The built heritage represents a way of interacting with the territory, and stands as a sign of the identity of each nation and the best cultural representative that prevails across the landscape of each region throughout the ages.

This way, any farmhouse symbolizes, through its cultural nature, the Basque rural tradition, so its value regarding this aspect should be approached with special protection and sensitivity.

- **Immaterial value.** This value represents on the one hand the social and the economic aspects, which are essential circumstances in the creation of any building. On the other hand, it represents a symbol or spiritual value of the surroundings. Following the point developed in the cultural value, the Basque farmhouse embodies the socioeconomic and symbolic essence of the ancestors of this nation.

These assessment criteria show the lines of conservation of each farmhouse, protecting this way its heritage value and guaranteeing the preservation of the cultural testimony for the following generations.

conservación de cada caserío protegiendo así su valor patrimonial y garantizando la preservación del testimonio cultural para las siguientes generaciones.

Sin embargo es necesario generar una documentación histórica de cada caserío para determinar los elementos a proteger. Para ello existen diversas herramientas interdisciplinares como la Arqueología de la Arquitectura.

4.3.5.1. Documentación histórica a través de la Arqueología de la Arquitectura

La información histórica debe quedar documentada de forma apropiada previamente junto a la intervención con el objeto de que las futuras generaciones conozcan exactamente con qué tipo de patrimonio construido se encuentran y además para que exista la opción de poder difundir este conocimiento en la sociedad.

Existen varias herramientas para su análisis, pero se es esencial crear una documentación gráfica exhaustiva de los planos principales. Asimismo, existen otras como la lectura estratigráfica que pertenece a la Arqueología de la Arquitectura (AA). Dentro de la propia AA existen varias técnicas para conocer la diacronía de los edificios, pero es la lectura estratigráfica el instrumento más riguroso con el que se cuenta hasta ahora (Quirós 2002). Estas lecturas unen el proceso histórico con la realidad constructiva y suelen ser efectivas

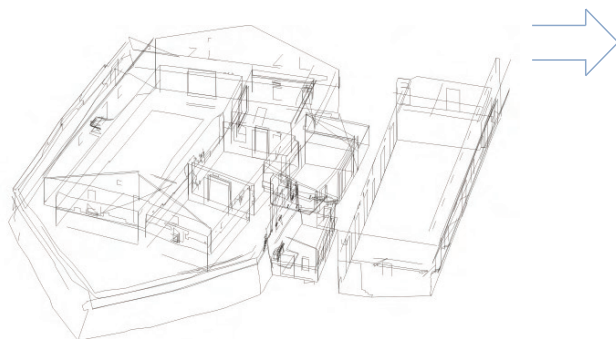


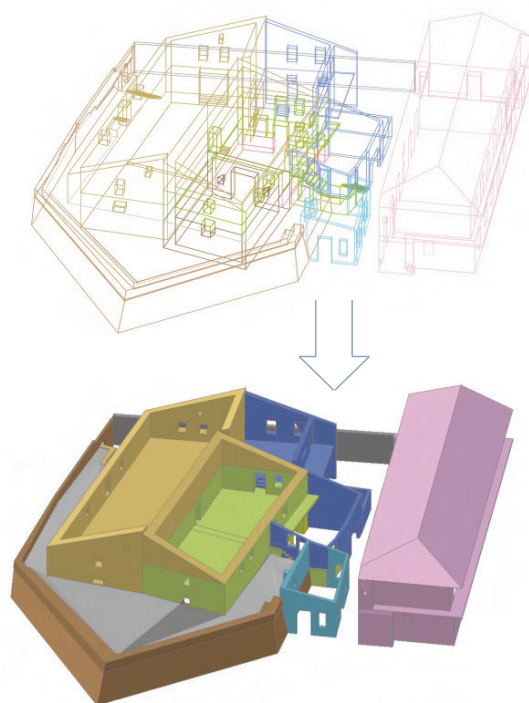
Fig. 40. Process of Archeology of Architecture (AA)
(Ministerio de Cultura, 2009, p.183)

However, it is necessary to create a historical record of each farmhouse in order to define the elements which have to be protected by means of interdisciplinary tools established within the Archeology of the Architecture.

4.3.5.1. Historical record through the Archeology of the Architecture

The historical information of the building should be appropriately recorded beforehand together with the intervention so that future generations know exactly what type of built heritage they are dealing with and this knowledge can be disseminated among the society.

There are many tools for its analysis, but it is essential to create an exhaustive graphic documentary of buildings main plans. Additionally there are other tools for this purpose as the stratigraphic reading provided by the Archeology of the Architecture (AA). Although there are various techniques within the AA to know the diachronic record of the buildings, it is the stratigraphic reading that becomes the most accurate instrument available at the moment (Quirós



para determinar las transformaciones sufridas el patrimonio construido, en este caso el caserío vasco.

· Ejemplo del análisis estratigráfico del caserío Zierre, Oma

Previo a realizar la tarea estratigráfica, se debe tener en cuenta que los caseríos han sufrido deterioros a lo largo de su vida, muchas de ellas causadas por incendios, y que las reconstrucciones totales o parciales que han venido a posteriori se han realizado sin preocuparse demasiado en asemejarse al edificio originario (Larrañaga, Loinaz et al. 2001, p.21). Además estas transformaciones habitualmente se suelen concentrar en la fachada principal del edificio dado que es el que más alteraciones sufre durante su secuencia evolutiva (Larrañaga, Loinaz et al. 2001, p.63).

El caserío Zierre se emplaza en el valle de Oma, Kortezubi. Es uno de los primeros que se construyeron en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Se cree que fue construido a principios del siglo XVI (Azkarate 2001, p.525) y de los pocos caseríos que no consideran la envolvente de piedra como un elemento estructural. De manera que la cubierta se apoya en la estructura de madera en su totalidad.

Aunque a simple vista se aprecia que su fachada principal ha sufrido transformaciones a lo largo de su vida, el primer paso en un análisis estratigráfico es buscar todo tipo de información en el archivo histórico para así poder contrastar con las unidades estratigráficas. Después se parte desde una fotogrametría para marcar todas las unidades estratigráficas.

Una vez que se tienen las unidades recopiladas, se aplica la lógica de antero posterioridad y se contrasta con los documentos históricos. Así al final las unidades se van agrupando y creando una secuencia evolutiva lógica, que se plasma en en planos muy precisos de las plantas, alzados y

2002). These readings link the historical process to the structural reality, and they are effective in order to determine the transformations the built heritage, the Basque farmhouse in this case, has undergone.

- Example of the stratigraphic analysis of the farmhouse Zierre, Oma

Prior to the stratigraphic analysis, the fact that the farmhouses have been damaged throughout their existence, many times due to a fire, has to be taken into account. The complete or partial reconstruction which came afterwards was carried out without being concerned about making the new building resemble the original one (Larrañaga, Loinaz et al. 2001, p.21). Besides, these transformations are usually concentrated in the main façade, since it is the one that is altered the most as it develops throughout different ages (Larrañaga, Loinaz et al. 2001, p.63).

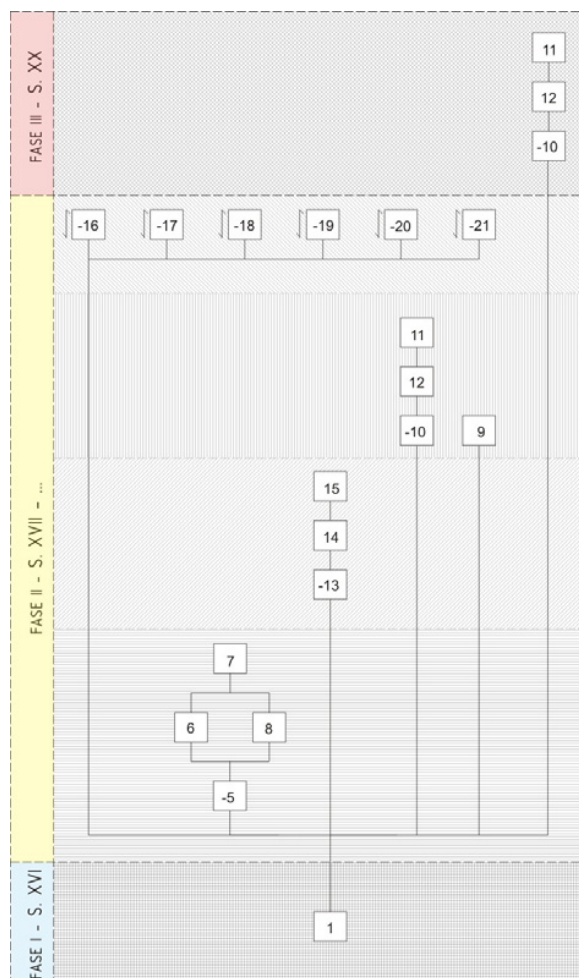
The farmhouse Zierre, located in the Oma valley, Kortezubi, is one of the first farmhouses built in the Urdaibai Biosphere Reserve. It is believed to have been built at the beginning of the 16th century (Azkarate 2001, p.525) and it is one of the few farmhouses whose external stone walls do not have a structural function. Consequently, the roof is supported entirely by the wooden structure.

Although it is visible at first sight that the main façade has undergone different transformations throughout its life, the first step in a stratigraphic analysis consists in gathering all the information available in the historical archive to contrast it with the stratigraphic units. Then, photogrammetric work is used to define all the stratigraphic units.

Once all the units have been compiled, they are arranged according to chronological logic and they are contrasted with the historical documents. Eventually, the units are grouped together and a logical evolutionary sequence is created, which is summarized in 2D plans as floor plans, elevations and sections and in a matrix where all the stages

secciones del edificio y en una matriz donde las fases se van identificados por colores.

Tal y como se aprecia en las estratigráficas y en la matriz los caseríos esconden la evolución de la continua adaptación de los *baserritarras* a las necesidades coetáneas. La memoria de los labradores vascos está escrita en sus muros y tallado en las estructuras de madera.



4.3.6. CONOCER II. La documentación técnica a través de métodos no destructivos

Otra tarea a realizar previa a la intervención es el diagnóstico técnico interdisciplinar del edificio que defina el estado actual constructivo y estructural de los elementos construidos. Para ello se debe intentar evitar métodos destructivos de análisis. Sin

are identified by colours.

As it can be seen in the stratigraphic analysis and the matrix, farmhouses hide the evolution of how the farmers have adapted to the needs of each age. The memory of the Basque farmers is written on its walls and carved on its wooden structures



4.3.6. KNOWING II. Technical record through non destructive methods.

Another task which has to be carried out before the intervention is the technical and interdisciplinary diagnosis of the building, which will determine the current structural state of the built elements. For that purpose, destructive methods of analysis should be avoided, although there are many activities, such

embargo, en muchas tareas como la caracterización de la madera no cabe otra vía de análisis.

as the characterization of wood, that leave no other alternative.

Las pautas a realizar están definidas en un previo trabajo de investigación del autor de esta tesis doctoral (Gaztelu 2012p. 65):

The guidelines to follow were established in a previous research work by the author of this doctoral thesis (Gaztelu 2012, p.65):

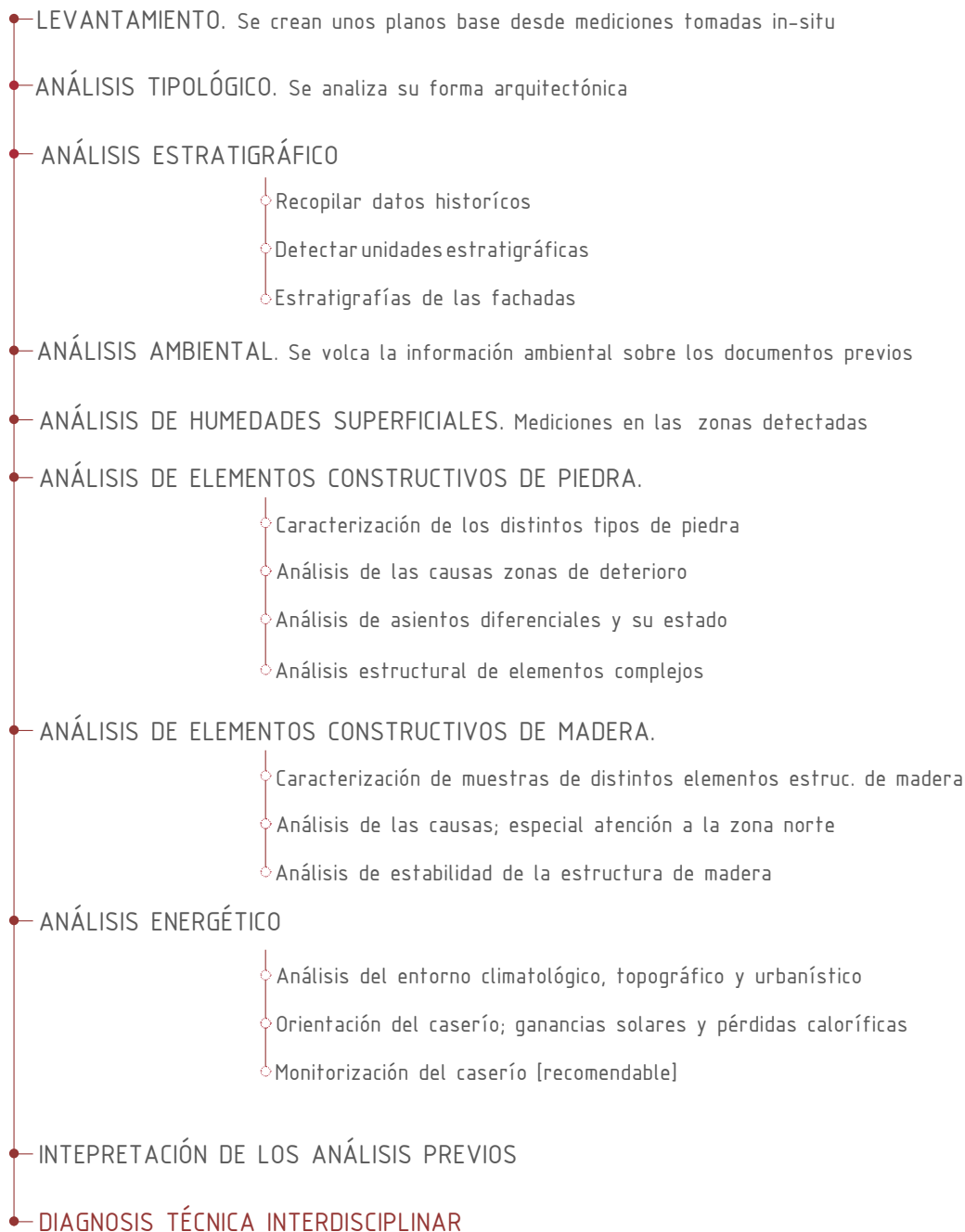


Fig. 42. Guidelines for baserri's diagnosis (Gaztelu 2012, . 65)

Una vez definidos los elementos a proteger y el estado actual técnico, el siguiente paso es que la actuación en el patrimonio mantenga unos criterios generales de intervención.

4.3.7. INTERVENCIÓN I. Conceptos

La intervención en el Patrimonio Construido es una cuestión que divide a los agentes que interactúan en el proceso. Incluso dentro de una misma disciplina existen distintas perspectivas de actuar en el Patrimonio; el abanico se abre desde los más conservacionistas a los más intervencionistas. Los propios Ruskin y Viollet-le-duc abrieron un debate que todavía hoy en día sigue siendo argumento de discrepancias entre los expertos.

Sin embargo, existen ocho principios que se comparten globalmente para la conservación de patrimonio tal y como recoge André Scheinman en el año 2009 en su informe sobre “*Cultural Heritage Landscapes and Built Heritage Resources Assessment*”(Scheinman 2009, p. 23)

- **Respeto a la evidencia documental.** Evitar basar la restauración en conjeturas.
- **Respeto a su ubicación original.** Evitar mover edificios
- **Respeto al material histórico.** Conservar los materiales originales, si es que no causa alguna lesión.
- **Respeto al material original.** Reparar con el mismo material
- **Respeto a la historia del edificio.** No intentar recuperar épocas anteriores , destruyendo elementos posteriores.
- **Reversibilidad.** La actuación que se vaya a realizar es recomendable que sea reversible, de manera que perdura la opción de recuperar el estado previo a la intervención.

Once the elements which have to be protected and the current technical state have been defined, the action on the heritage in the next stage should meet some general intervention criteria.

4.3.7. INTERVENTION I. Concepts

The intervention on the Built Heritage is a subject that divides the interacting agents involved in the process. Even a given discipline has different approaches when it comes to intervening on the Heritage, ranging from the most conservationists to the most radical ones. Ruskin and Viollet-le-duc themselves started a debate that still is the cause of disagreement among experts in the field.

However, as André Scheinman showed in his report about “*Cultural Heritage Landscapes and Built Heritage Resources Assessment*” (Scheinman 2009, p. 23), there are eight globally accepted principles for the conservation of the heritage.

- **Respect for documentary evidence.** Avoid basing the restoration on conjecture.
- **Respect for their original location.** Avoid moving buildings.
- **Respect for historic material.** Preserve the original materials, unless they cause any damage.
- **Respect for original fabric.** Repair using the same materials.
- **Respect for the building's history.** Do not restore trying to get closer to an earlier period by removing newer elements.
- **Reversibility.** It is advisable to make the alterations are reversible, so that it is possible to recover the state prior to the intervention. Even so, there are some alterations that entail some irreversible but necessary transformations to ensure the preservation of

En este sentido algunas actuaciones conllevan transformaciones irreversibles pero necesarias para la preservación de la construcción.

Estas son el caso habitual en las rehabilitaciones de los caseríos, donde debido al cambio de uso los espacios, que antes daban lugar a la cuadra o al pajar, deben responder a nuevos espacios de uso residencial que requieren nuevas aperturas en alzados ciegos ante la necesidad de luz natural y ganancia solar.

En estos casos, por lo menos debe quedar documentado adecuadamente el estado previo, su transformación histórica y la nueva intervención.

- **Legibilidad.** La nueva intervención debe ser legible respecto al anterior.
- **Mantenimiento.** La intervención se debe realizar con cuidado para evitar futuras restauraciones.

4.3.8. INTERVENCIÓN II. Criterios de intervención

La intervención que se vaya a realizar debe responder a unos criterios que también se dividen en distintas facetas. Estos al mismo tiempo suelen estar ligados a los criterios valorativos en cierta manera. Pero a día de hoy hace falta configurar un manual adecuadamente desarrollado donde se exponen los criterios de intervención en caseríos, y en el que se recopilan todas las líneas de actuación. El fin es evitar las habituales intervenciones desacertadas y mantener una estética conjunta en base a un adecuado mantenimiento.

De todas formas se detallan algunos de los principales criterios a tener en cuenta.

4.3.8.1. Criterios arquitectónicos

Dentro del criterio arquitectónico existen el criterio

the construction.

These are the most common concepts in the restoration of farmhouses, where due to a change in their function, the spaces in which the barn and the stable were located have been turned into living spaces, resulting in the need of some new openings in blind facades due to the lack of natural light and solar gains.

In these cases, the previous state, the historic transformation and the new intervention should at least be recorded.

- **Legibility.** The new intervention should be distinguishable from the previous state.
- **Maintenance.** The intervention must be carried out with the utmost care in order to avoid future restorations.

4.3.8. INTERVENTION II. Intervention criteria

The intervention has to meet some criteria which are divided into different categories and linked to the assessment criteria. Nowadays there is a need for an appropriately developed handbook where the criteria for the intervention on farmhouses are explained and all lines of action are compiled. The aim is to avoid the so habitually unfortunate interventions and to maintain a common image based on an adequate upkeep.

These are some of the main criteria that should be taken into account.

4.3.8.1. Architectural criteria

The architectural criterion is divided into the aesthetic, artistic, construction and structural criteria, which require the intervention to meet the standards of proportion and quality ubiquitous in

estético, el artístico, el constructivo y el estructural que exigen que las transformaciones deban responder a estándares de proporción y calidad siempre presentes en la arquitectura popular vasca.

- **El criterio estético:** La estética de los caseríos comparte ciertas geometrías y proporciones que deben ser respetadas en las nuevas intervenciones.
- **Geometría general.** Se mantienen las proporciones generales, altura de la cumbre y aleros.
- **Cubierta.** La cubierta del caserío mantiene un ángulo moderado, entre 24 y 28 ° y en caso de su reemplazo o nuevo añadido se mantendrá su inclinación y geometría original. Los aleros se respetan y se permite crear nuevos con el fin de protección solar y de lluvia.

En cuanto al material se debe mantener la teja roja con o sin recuperación.

- **Huecos.** A pesar de que los huecos en los caseríos han mostrado una evolución a medida que la tecnología constructiva haya ido mejorando, la proporción vertical de los mismos son un rasgo característico que se aprecia en la arquitectura de los *baserris*. Esto permite que el muro de piedra trabaje

the Basque vernacular architecture.

- **The aesthetic criterion.** Farmhouses share some common aesthetic features, such as geometric shapes or proportions, which must be respected by the new interventions.
- **General geometry.** The main proportions, the height of the top of the roof and the height of the eaves are maintained.
- **Roof.** The roof of the farmhouse has a moderate inclination of 24°- 28°, and if the roof had to be replaced or a new extension had to be made, the original inclination and geometry will be maintained. The eaves remain the same, although new ones are allowed in order to provide protection against the sun and the rain. Regarding building materials, red tile should be maintained, whether reusing the original elements or introducing new material.
- **Openings.** Although openings have evolved as building technologies have improved, their vertical proportion is a characteristic feature which is present in the architecture of the farmhouses. This allows the stone wall to develop its natural structural function. Moreover, the vertical geometry is maintained even in the largest openings that provide access to the stable and the barn,



Fig. 43. Vertical strip formed by the stable and barn's openings. Iberre *baserri*. Muxika. Urdaibai

estructuralmente con naturalidad. Además, la geometría vertical se mantiene incluso en los huecos más grandes que dan acceso a la cuadra o al pajar, que a veces incluso formaban entre sí una franja vertical que cortaba el muro de mampostería de manera contundente.

De manera que en caso de que la apertura de nuevos huecos sea necesaria se mantendrá la proporción vertical y al poder ser se mantendrá en dimensiones a las anteriores. Existe la opción de configurar un hueco con las dimensiones de cortes enterizos en la parte de la cuadra y pajar si la nueva adaptación así lo requiere.

- **El criterio constructivo.** Los sistemas constructivos de los caseríos han posibilitado que el edificio se mantenga en pie a lo largo de los siglos, algo más difícil de pensar con sistemas modernos. La actuación en los caseríos respetará su esencia constructiva y se evitará el uso de materiales que alteren o perjudiquen su funcionamiento natural. El uso de cementos es un ejemplo de actuación que se debe evitar, recuperando los morteros de cal.
- **El criterio artístico.** Las trazas artísticas de los caseríos son características que se deben mantener siempre que sea posible. En caso de que existan varias debido a una evolución histórica el equipo proyectista decidirá lo que se mantiene o si se pretende recuperar la arquitectura original previa. Es ineludiblemente necesario que la evolución quede adecuadamente documentada.
- **Criterio estructural.** La estructura del caserío principalmente se basa en muros perimetrales de piedra (mampostería, sillarejo o sillar) y en una estructura interna porticada de madera que sostiene la cubierta

creating together sometimes a vertical strip that would powerfully interrupt the stone wall.

This way, if any new openings were necessary, the vertical proportion would be maintained and their dimensions would be similar to the preexisting ones. It is possible to introduce a ground-to-roof opening in the stable and barn area if the new adaptation requires so.

- **The construction criterion.** The construction systems of farmhouses have made it possible for them to stand for more than five centuries, which is difficult to conceive with modern systems. The intervention on farmhouses must respect its structural essence and avoid the use of any materials that could alter or damage its natural functioning. For instance, the use of cement should be avoided, reinstating lime mortars instead.
- **The artistic criterion.** The artistic traces of farmhouses are features that must be kept whenever it is possible. If, owing to the historical development of the building, there were more than one, the designers would decide what must be kept and whether there will be an attempt to recover the actual previous architecture. It is vitally important to keep an appropriate record of the evolution.
- **The structural criterion.** The structure of the farmhouse is based mainly on stone walls (masonry, ashlar or rough ashlar) along the perimeter and on an internal structure of wooden frames that support the roof and the one-way floors. Except in the case of the first farmhouses, the inner frames rest on the

y los forjados unidireccionales. Excepto en los primeros caseríos que se construyen, los pórticos internos se apoyan en el muro perimetral de carga, formando una estructura isostática.

Por lo tanto las intervenciones no deben alterar este carácter y se recomienda mantener los materiales estructurales y generando prótesis o sustituciones de piezas donde se requieran.



Fig. 44. Newly created pieces in Igartubeiti *baserri* (Santana, Izagirre et al. 2003, p.198)

4.3.8.2. Criterios sociales y económicos

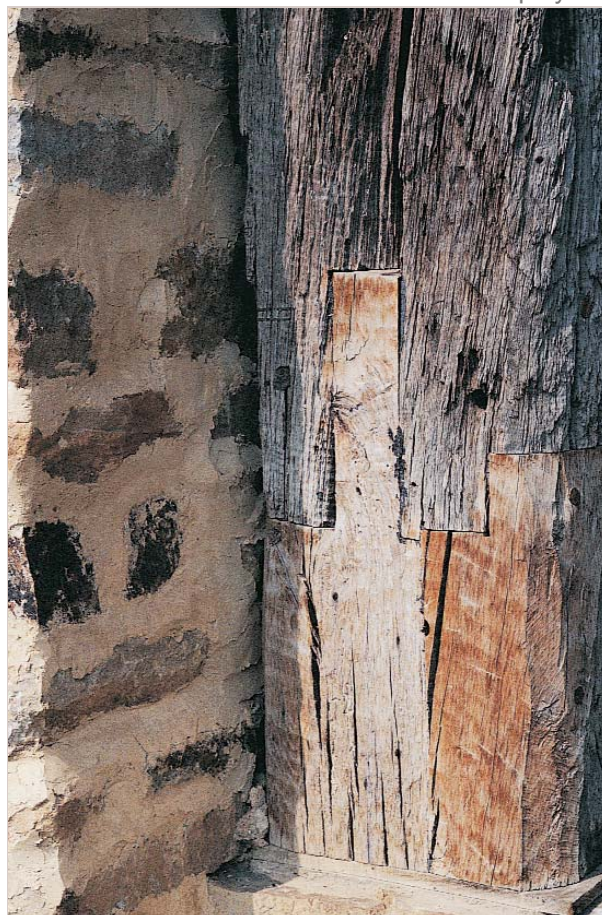
Las circunstancias sociales y económicas también requieren protagonismo. En este sentido cabe destacar que el caserío siempre ha mantenido un uso agropecuario dentro de su carácter multifuncional. Pero debido a la decadencia del

perimeter bearing wall, forming this way an isostatic structure.

Therefore, the interventions should not alter this character, being advisable to keep the structural materials while replacing or adding newly created pieces when required.

4.3.8.2. Social and economic criteria

Social and economic circumstances also play an



important role. The farmhouse has always been used for farming and husbandry purposes within its multifunctional character, but due to the demise of the primary sector, it has had to adapt to the new socioeconomic context, having to adopt some use scenarios unrelated to this sector.

sector primario se ha visto obligado a adaptarse al nuevo contexto socioeconómico y debe acoger algunos escenarios de uso que no están ligados al sector primario.

Esta transformación al mismo tiempo lleva a la desvinculación del caserío con la explotación agroganadera, efecto que causa un abandono de suelos rurales de gran riqueza productiva y de valor cultural. Pues el caserío al ser protagonista de los paisajes culturales de los núcleos rurales, la mínima alteración de uso conlleva a una transformación territorial.

Por ello, a pesar de que la solución pase por adaptar el caserío a diversos usos que garanticen un equilibrio territorial, se considera que su vínculo con los pastos o cultivos debe mantenerse.

4.3.8.3. Criterios energéticos.

Tradicionalmente el caserío vasco ha sido capaz de responder a las necesidades familiares de confort de forma sostenible. El diseño del *baserri*, en base a una gran lógica bioclimática, y la forma de vida de los *baserritarras* permitían que la madera cortada de los bosques cercanos fuese suficiente para satisfacer los niveles de bienestar de antaño.

Luego el caserío es un sistema eficiente que proporciona variaciones higrótérmicas internas necesarias para que la multifuncionalidad del edificio pudiese ser efectiva. La cocina en bienestar higrotérmico, los dormitorios y el secadero de la tercera planta conviven en una misma construcción compacta con la cuadra y el pajar.

Por lo tanto en el objetivo de adaptar el caserío a los nuevos usos se precisa de conocer correctamente el estado energético tradicional y el actual. Luego la intervención al estar integrado en el nuevo contexto energético y de exigencias modernas de confort requiere de nuevas estrategias bioclimáticas adaptadas a los usos que partirán un comportamiento higrótérmico específico del propio

At the same time, this transformation results in the separation of the farmhouse from the farming and livestock exploitation, which brings about the abandonment of rural land with high productivity and cultural value. Since the farmhouse is the main figure of the cultural landscapes of rural districts, the slightest change of use means a transformation in the territory.

That is why, despite the solution having to involve the adaptation of the farmhouse to different uses that can guarantee a territorial balance, it is considered that its link with pastures and crops should be maintained.

4.3.8.3. Energy criteria

The farmhouse has traditionally been able to meet the families' demands for comfort in a sustainable way. Thanks to the design of the farmhouse, based on bioclimatic logic, and the lifestyle of the farmers, the wood gathered from nearby forests was enough to reach welfare levels back in those days.

Besides, the farmhouse turns out to be an efficient system which provides the necessary internal hygrothermal changes so that the building can be effectively multifunctional. The kitchen provider of hygrothermal comfort, the bedrooms and the drying room on the third floor coexist with the stable and the barn within the same compact construction.

Therefore, in order to adapt the farmhouse to the new uses, it is necessary to know the traditional and the current energy performances of the building accurately. As the intervention lies within the new framework of energy and comfort requirements, it requires new sustainable strategies adapted to the uses, which will be based on a specific hygrothermal performance of the farmhouse itself.

Taking this into account, the energy criterion involves great sensitivity when changing the function of the internal spaces. The new use of the building should be adjusted to the preconditions of

caserío.

En este sentido el criterio energético requiere de sensibilidad a la hora de definir la función de espacios internos. Se necesita adecuar el uso del edificio a la precondition del edificio de referencia para concluir en una intervención energéticamente eficiente.

“no todos los pajaros se pueden convertir en sauna”

(Wedeburnn, Colla et al. 2013)

Por lo tanto este apartado acoge protagonismo a la hora de determinar una intervención eficiente y sensible a medio ambiente.

Esta tesis doctoral analiza en profundidad esta faceta, y expone los criterios energéticos de un caso de estudio concreto en el apartado 6.7.9,

4.4. HACIA UNA REACTIVACIÓN SOCIOECONÓMICA SOSTENIBLE

La segunda clave para la adaptación respetuosa y sostenible del caserío vasco está vinculada a su carácter socioeconómico.

La transformación funcional hace que el caserío haya pasado de ser una fábrica y residencia familiar a una construcción en desuso completo o parcial de manera generalizada. La fotografía actual de los paisajes culturales de Urdaibai muestra su evidente decadencia. Desgraciadamente son muchos los casos de caseríos abandonados que se encuentran en estado ruinoso o que hayan sido incluso demolidos.

Por ese motivo es indispensable, partiendo de los motivos que han llevado al caserío a esta situación, acotar posibles alternativas de uso que garanticen una preservación sostenible y duradera en el futuro.



the building of reference so that the intervention is energy efficient.

“Not every barn can become a sauna”

(Wedeburnn, Colla et al. 2013).

Therefore, this aspect, which is developed in depth in the following sections of this research work, is of great importance when designing an efficient and environmentally-friendly intervention.

4.4. TOWARDS A SUSTAINABLE SOCIOECONOMIC REACTIVATION

The second key to the sensitive and sustainable adaptation of the Basque farmhouse is linked to its socioeconomic character.

Due to the change of function, the farmhouse has ceased being a factory and family residence, turning into a building which has fallen completely or partially into disuse on a global scale. The current outlook of the cultural landscapes of Urdaibai shows its evident decay. Unfortunately, there are many cases of abandoned farmhouses which are ruinous or have been even demolished.

That is why, based on the reasons that have led the farmhouse to its current situation, it is essential to delimit possible alternative uses that can guarantee a sustainable and durable preservation.

4.4.1. Obsolescencia socioeconómica; motivo de la decadencia

La decadencia de un bien construido esencialmente es el resultado de la obsolescencia del mismo. Pueden ser de distintos tipos: la obsolescencia física, económica, funcional, tecnológica y ambiental, social y legal (Langston, Wong et al. 2008, p. 3). Sin embargo, todos ellos están vinculados entre sí, de modo a que la existencia de alguno de ellos puede producir o aumentar el riesgo de otro.

En el caso de los caseríos, tal y como se menciona en el apartado 4, el motivo principal está ligado a su uso y carácter socioeconómico territorial. Pues como la transformación social y económica de finales siglo XIX de la mano de la industrialización tanto la focalización de grandes explotaciones agroganaderas del siguiente siglo han llevado a que la función tradicional dentro del caserío haya quedado casi obsoleta. A estos motivos se deben añadir la falta de relevo generacional y mano de obra, la baja rentabilidad de las explotaciones, la escasa autoestima y el desprestigio del sector (Alberdi 2010, p. 22). De manera que se produce una caída de la explotación agropecuaria en el País vasco. Los datos de distribución final agraria y la evolución de los suelos de cultivos y de prados entre los años 1955 y 1993 son claros ejemplos que lo demuestran (Ainz 2001, p.173).

4.4.1. Socioeconomic obsolescence: cause of the decay

The decay of a building is basically the result of its own obsolescence. There are different types: physical, economic, functional, technological and environmental, social and legal (Langston, Wong et al. 2008, p. 3). However, all of them are intertwined, so the presence of any of them might cause or increase the risk of suffering from another one.

In the case of the farmhouse, as it was mentioned in section 4, the main reason for its obsolescence is linked to its use and the territorial socioeconomic character. Both the social and economic transformation that the industrialization brought about in the late 20th century and the concentration of big agricultural exploitations of the 21st century have resulted in the traditional use of the farmhouse being almost obsolete. Apart from these causes, there is the lack of labour and younger generations willing to take over, the low profitability of the exploitations, the low self-esteem and the sector's discredit (Alberdi 2010, p. 22). Because of all these reasons, there is a decrease in agricultural exploitation in the Basque Country. The data showing the final distribution of agricultural uses and the evolution of cropland and pastures between 1955 and 1993 clearly exemplify this effect (Ainz 2001, p.173).

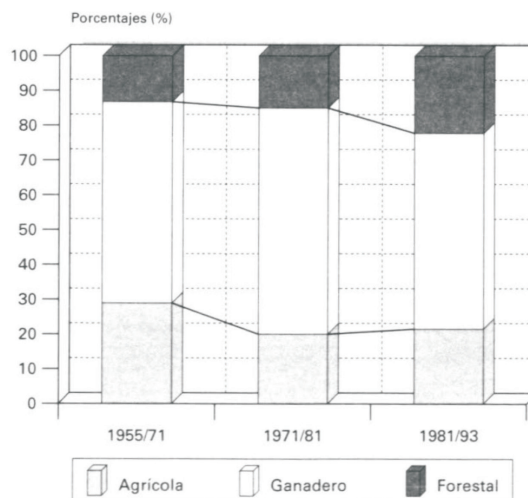


Fig. 45. Final distribution of agricultural uses 1955-1993 (Ainz 2001, p.173)

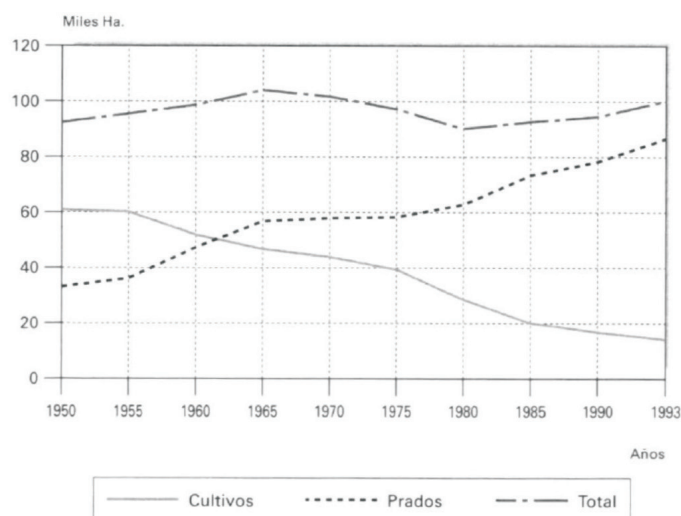


Fig. 46. Agricultural lands evolution 1950-1993 (Ainz 2001, p.181)

La fotografía actual de los paisajes rurales también enseña el desuso de los espacios interiores del caserío, que es un signo más de la evidencia de la decadencia de su función en el territorio. De manera que este abandono crea un efecto dominó con el que la obsolescencia social y económica produce una funcional, tecnológica y sobretodo, física. Puesto que se puede concluir en que un edificio abandonado está condenado a la ruina.

Por lo tanto una preservación sostenible pasa por la reactivación socioeconómica del caserío como nodo esencial del sistema territorial.

4.4.2. Reactivación socioeconómica del caserío como nodo de un desarrollo rural sostenible

Tradicionalmente los caseríos han constituido una red de producción agropecuaria capaz de responder a las demandas alimenticias de la sociedad vasca. De manera que actualmente las áreas rurales mantienen una red de infraestructura edificada constituida por los caseríos. Así el caserío hoy en día se muestra como un nodo habitacional con carácter multifuncional capaz de albergar una amplia variedad de usos en términos territoriales.

El objetivo por lo tanto es detectar aquellas

The current outlook of the rural landscapes also shows the disuse of the internal spaces of the farmhouse, which is yet another sign of the evident decay of its function in the territory. This way, this abandonment starts a chain reaction whereby the social and economic obsolescence causes a functional, technological and, above all, a physical one. A building which has been abandoned is bound to end up in ruins.

Therefore, a sustainable preservation depends on the socioeconomic reactivation of the farmhouse as the main node in the territorial system.

4.4.2. Socioeconomic recovery of the farmhouse as a node of a sustainable rural development

Farmhouses have traditionally formed a network of animal and husbandry agricultural production that has been able to meet the demands for food of Basque people, so nowadays the rural areas keep a built infrastructure made up of farmhouses. Consequently, the farmhouse constitutes a habitable node of a multifunctional nature capable of housing a wide range of uses related to the territory.

Therefore, the aim is to identify the functions that can be integrated within a framework of

funciones que se integren dentro de un marco de desarrollo rural sostenible que reactiven el carácter socioeconómico del caserío. La solución pasa por entender como una ciudad extendida a áreas de baja densidad que albergan memoria e identidad cultural (ver esquema “Fig. 38. Vitoria rural”).

sustainable rural development and can reactivate the socioeconomic nature of the farmhouse. The solution lies in understanding low density areas which hold cultural identity and memory as an extended city (See “Fig. 38. Vitoria rural”).



Fig. 47. Rural model for Araba province (Vitoria Rural. Proyecto para la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de San Sebastián. 2012)

4.4.2.1. Conceptos para la reactivación del caserío

El concepto esencial en la preservación del patrimonio construido es “*usar para conservar, y conservar para usar*” (Instituto Nacional de Antropología e Historia 2014).

La gestión del patrimonio cultural ha sido conceptualmente transformada de objetos aislados a paisajes, a áreas urbanas y rurales y a un sitio y ambiente histórico (Donato, Lohrasbi 2014). De manera que el edificio necesita reactivar su función en el territorio para su preservación. Pues es parte de un sistema que ha estado en equilibrio durante el período de la vida útil del caserío y que se ha quedado obsoleto por motivo de un proceso de

4.4.2.1. Concepts for the reactivation of the farmhouse

The fundamental concept in the preservation of built heritage is “*use to preserve, and preserve to use*” (National Institute of Anthropology and History 2014).

The management of cultural heritage has been conceptually transformed from regarding this heritage as isolated objects into regarding it as landscapes, urban and rural areas, and a historic place and atmosphere (Donato, Lohrasbi 2014). So the building needs to have its function in the territory reactivated for its preservation, as it is part of a system which has kept a balance throughout the lifespan of the farmhouse and which has become

rechazo de su desempeño en el territorio (Thomsen, van der Flier 2011 p.48).

Por lo tanto la reactivación del caserío se interpreta desde distintas escalas: Territorio, barrio o microterritorio y edificio. Así lo entiende también ICOMOS que en el artículo 8 del Documento de Madrid redactado en la Conferencia Internacional expone lo siguiente:

“Deben ponerse a disposición de las futuras generaciones todas las opciones posibles en términos de intervención, gestión e interpretación del lugar, su emplazamiento y sus valores patrimoniales”

(ICOMOS 2011, p.4)

obsolete due to a progressive rejection of its role in the territory (Thomsen, van der Flier 2011 p.48).

Therefore, the reactivation of the farmhouse can be approached from different levels: territory, neighbourhood or micro-territory, and building. ICOMOS shares this point of view, as stated in the 8th article of the Madrid Document, written in the International Conference:

De modo que para determinar alternativas de uso para la reactivación se deben entender los aspectos de la función tradicional en las tres escalas. Y así luego se especifican los criterios de reutilización definiendo los modelos de intervenciones tipológicas. (Candura, Dal Sasso et al. 2008). A este proceso se le denomina la reutilización adaptativa.

This way, different aspects of the traditional function of the farmhouse must be understood according to these three different levels in order to define the use alternatives for the reactivation of the farmhouse. Then, the criteria for the reuse can be determined, defining typological intervention models (Candura, Dal Sasso et al. 2008). This process is called adaptive reuse.

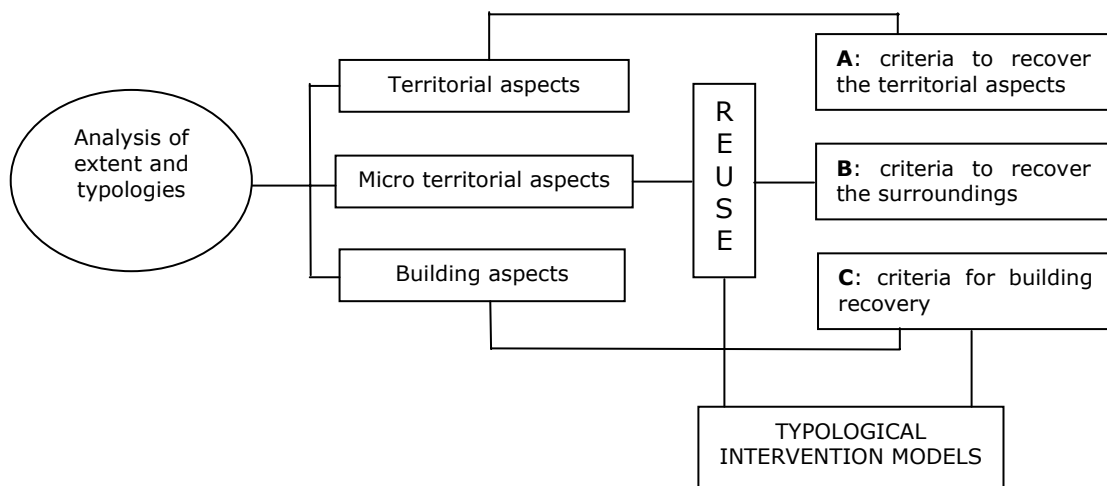


Fig. 48. Methodological diagram for integrated recovery (Candura, Dal Sasso et al. 2000, p.7)

4.4.2.2. Reutilización adaptativa

La reutilización adaptativa (adaptive reuse) es un proceso de mejora económica, ambiental y social de edificios existentes (Bullen, Love 2010). Supone cambios funcionales del edificio existente y éste a la vez puede requerir una alteración de su arquitectura original (Elsorady 2014). De manera que si se sensibiliza la intervención al valor patrimonial, la adaptación respetuosa y sostenible del caserío queda garantizada.

En caso de que la función tradicional del edificio está vinculada a su valor cultural, como es el caso de los caseríos, éste deber ser conservado. Y en todo caso el cambio de uso debe ser compatible con el valor cultural del lugar y no debe causar ningún -o en caso necesario, el mínimo- efecto adverso en él (ICOMOS 2010).

Por otro lado para que la reutilización de una construcción existente sea eficiente, se precisa de entender el propio edificio detectando sus valores positivos y sustentando su posterior explotación. En este sentido, se deben tener en cuenta los siguientes factores (Elsorady 2014):

- La ubicación
- El carácter arquitectónico
- Las características de sus espacios internos
- La estructura
- Los motivos de existencia del edificio
- Los motivos de su forma y de sus materiales

Sin embargo, el nuevo carácter del caserío también necesita ser socioeconómicamente sostenible. Que garantice su preservación a largo plazo y que la inversión realizada sea efectiva y segura. Para ello la vida útil de la nueva alternativa de uso debe alcanzar la vida física de la propia construcción (Langston, Wong et al. 2008, p.3).

4.4.2.2. Adaptive reuse

The adaptive reuse is a process of economic, environmental and social improvement of existing buildings (Bullen, Love 2010). It involves some functional changes in the existing building, which might in turn require an alteration of its original architecture (Elsorady 2014). So, as long as the intervention is sensitive to the heritage value, the sensitive and sustainable adaptation of the farmhouse is guaranteed.

When the traditional function of the building is linked to its cultural value, which is what happens in the case of the farmhouses, it must be preserved. In any case, any change of use must be compatible with the cultural value of the site without having any negative effects on it. However, if it were unavoidable, it should be kept to a minimum (ICOMOS 2010).

On the other hand, it is necessary to understand the building itself, identifying its positive aspects and sustaining its future exploitation so that the reuse of an existing construction can be effective. In this respect, these are the factors that should be taken into account (Elsorady 2014):

- Location
- Architectural character
- Features of the internal spaces
- Structure
- Reasons for the building's existence
- Reasons for its shape and materials

However, the new character of the farmhouse also needs to be socioeconomically sustainable, guaranteeing its preservation in the long term and making the investment effective and safe. In order to achieve that, the lifespan of the new alternative should match that of the construction itself (Langston, Wong et al. 2008, p.3).

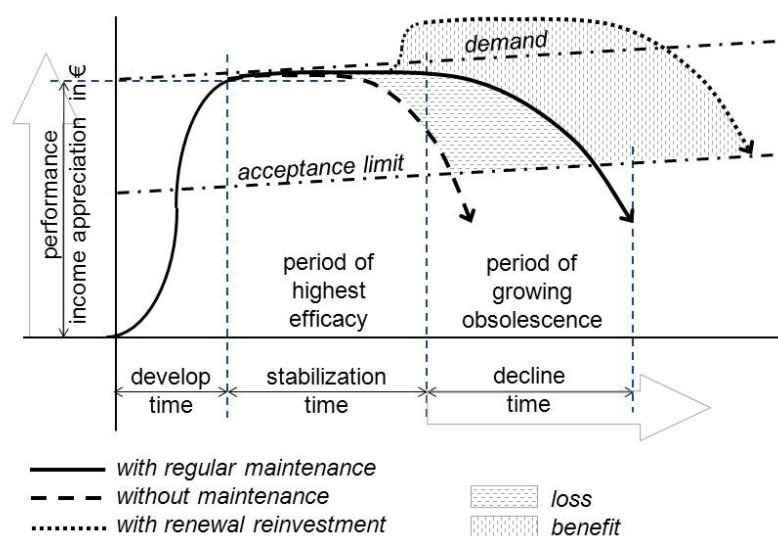


Fig. 49. Obsolescence and service life (Thomsen, van de Fier 2011, p.7)

De manera que la reactivación debe estar integrada en el marco de un desarrollo sostenible del territorio que asegure un equilibrio social y económico a largo plazo.

4.4.2.3. Desarrollo rural sostenible, contexto para una conservación equilibrada

El desarrollo sostenible es el equilibrio entre la necesidad económica, social y ambiental (Shen, Jorge Ochoa et al. 2011). Un proceso de evolución equilibrada que prospera mientras genera y conserva una memoria cultural.

En el caso de los caseríos este desarrollo se caracteriza por su carácter rural, debido a que tradicionalmente ha sido el protagonista que garantizaba el funcionamiento natural y el bienestar social y económico de los núcleos rurales.

En este sentido, es de destacar que actualmente el desarrollo de los núcleos de muy baja densidad cada vez asume un rol más importante y necesario para el desarrollo territorial sostenible (Elsorady 2014). Pues los pueblos y barrios representan de una manera más adecuada la identidad cultural y

Therefore, the reactivation should be integrated within a framework of sustainable development of the territory able to ensure a social and economic balance in the long term.

4.4.2.3. Sustainable rural development, context for a balanced conservation.

Sustainable development is the balance between economic, social and environmental necessities (Shen, Jorge Ochoa et al. 2011). It means a process of balanced evolution which thrives at the same time that it generates and preserves cultural memory.

In the case of farmhouses, this development is characterized by its rural nature, since it has traditionally been the agent that would guarantee the natural running and the social and economic welfare of rural districts.

Besides, it is worth underlining that currently the development of very low density areas plays an increasingly more important and necessary role in the sustainable territorial development (Elsorady 2014). Villages and neighbourhoods are better representatives of the cultural identity and memory

la memoria de un territorio, pero al mismo tiempo son frágiles ante los desarrollos más urbanos. De manera que los aspectos socioeconómicos del territorio deben ser cuidados con especial atención para garantizar un desarrollo rural adecuado (Cánoves, Villarino et al. 2004).

De esta forma el impacto humano junto al cultural requiere especial atención para que el proceso tenga éxito (Sánchez-Zamora, Gallardo-Cobos et al. 2014, p.13). Según las conferencias de la Unión Europea de 2012, son las personas las que se deben convertir en el eje de los desarrollos territoriales, pues ellas son la garantía de que un desarrollo territorial se mantenga de una manera equilibrada (Donato, Lohrasbi 2014).

Con el objetivo de que este desarrollo sea efectivo se requiere un plan de gestión en base a los elementos de distinta naturaleza del territorio que reoriente la vocación productiva a las áreas rurales y así garantizar la correcta conservación de los núcleos de población (Amaya 2006). Un plan específico para cada contexto socioeconómico que debe ser regulado a través de instituciones locales. Debido a que estos tienen el mandato y el interés para estimular desarrollo sostenible local, creando los barrios habitables y apoyando buena calidad de vida para los habitantes y trabajadores (Rambelli, Kunt et al. 2014). Además de que asumen los siguientes roles:

- Diseñan las políticas y estrategias territoriales
- Se enfrentan a planeamientos urbanos y rurales
- Pueden potenciar la protección sobre el patrimonio construido más allá de las normativas de edificación
- Configuran planes energéticos sostenibles para las comunidades.

of a territory, even though they are vulnerable to more urban developments. That is why the socioeconomic aspects of the territory must be regarded with the utmost care in order to ensure an adequate rural development (Cánoves, Villarino et al. 2004).

This way, human and cultural impacts require special attention so that the process meets with success (Sánchez-Zamora, Gallardo-Cobos et al. 2014, p.13). According to the 2012 European Union conferences, it is the people who have to become the centre of territorial developments, since it is them that represent the guarantee of the maintenance of a balanced territorial development (Donato, Lohrasbi 2014).

In order to make this development effective, a management plan is required, which is based on the elements of the territory of different nature and able to reorient the productive vocation towards rural areas, thus guaranteeing the adequate conservation of rural districts (Amaya 2006). A specific plan for each of the socioeconomic contexts must be regulated by local authorities, since it is them that have the power and the interest to stimulate the local sustainable development by making the neighbourhoods habitable and supporting a good quality of life for the inhabitants and workers (Rambelli, Kunt et al. 2014). Besides the authorities take on the following roles:

- They design territorial policies and strategies.
- They deal with urban and rural planning.
- They can promote the protection of the built heritage beyond building regulations.
- They devise sustainable strategic plans for the communities.

Por lo tanto es de responsabilidad de estas instituciones acotar planes de desarrollo rural en el que se establecen las estrategias hacia un desarrollo rural sostenible. En ese marco se determinarán las pautas para establecer alternativas de uso que integren el caserío como nodo habitacional y multifuncional, que irán integradas junto a una evolución y proceso del sistema territorial.

A continuación se analizan las alternativas de uso propuestas dentro del Plan de Desarrollo Rural del País Vasco que afecta de manera directa en la evolución de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai.

4.4.3. Estudios sobre el nuevo desarrollo Rural Sostenible en la Reserva de Biosfera de Urdaibai y el papel del caserío

Con la finalidad de acotar estrategias de futuro para el Plan de Desarrollo Rural existen tres documentos de distinta relevancia que marcan las principales directrices.

4.4.3.1. Plan de Desarrollo Rural para la Biosfera de Urdaibai de 2009 (IHOBE 2009)

Preocupados por la realidad del sector primario y de los núcleos rurales el Gobierno Vasco en el año 2009 establece un Plan de Desarrollo Rural sostenible (P.D.R.) para la Reserva de Biosfera de Urdaibai, donde se contemplan las estrategias territoriales que afectan a los caseríos.

En el eje estratégico se determinan tres líneas prioritarias con el fin de avanzar hacia un sector económico “*avanzado, diversificado y moderno*” en equilibrio con su entorno natural y social:

- **LÍNEA 1: Innovación e impulso económico.** Debido a las características de Urdaibai se fija el interés en la eco-innovación con la finalidad de sensibilizar la huella ecológica y potenciar así la competitividad

So these authorities have the responsibility for defining rural development plans in which strategies for a sustainable rural development are established. This will be the framework to define the guidelines to establish use alternatives which integrate the farmhouse as a habitable and multifunctional node. They will come together with an evolution of the territorial system.

The use alternatives proposed in the Plan of Rural Development of the Basque Country which directly affect the evolution in the Biosphere Reserve of Urdaibai will be analyzed in the following section.

4.4.3. Studies on the new Sustainable Rural Development in the Urdaibai Biosphere Reserve and the role of the farmhouse

In order to delimit strategies for the future, there are three documents of different relevance which provide the main guidelines.

4.4.3.1. Plan of Rural Development for the Urdaibai Biosphere Reserve of 2009 (IHOBE 2009)

Concerned about the state of the primary sector and rural districts, the Basque Government established a sustainable Plan of Rural Development (PRD) for the Urdaibai Biosphere Reserve, which considers the territorial strategies that affect the farmhouses.

The strategic plan defines three principal lines in order to move towards an “*advanced, diversified and modern*” economic sector in balance with its natural and social environment.

- **LINE 1: Innovation and economic boost.** Due to the characteristics of Urdaibai, the focus is placed on eco-innovation in order to raise awareness about the ecological footprint and to promote the competitiveness of products and services through environmental quality.

de los productos y servicios de la mano de la calidad medioambiental.

- **LÍNEA 2: Imagen de marca y calidad.** Impulsar la imagen de marca, label, que otorga la designación Reserva de la Biosfera para fortalecer los productos y servicios de la comarca.
- **LÍNEA 3: Turismo sostenible.** Favorecer el turismo sostenible como herramienta de impulso económico. Mejorar la calidad turística de la mano de la cultura, tangible e intangible, y el medio ambiente.

4.4.3.2. Programa Regional de Desarrollo Rural de España para la Comunidad Vasca Autónoma de 2014 a 2020 (Gobierno Vasco Sin publicar)

El marco de actuación desde 2014 a 2020 según el Programa Regional de Desarrollo Rural de España, determina las siguientes prioridades:

- “ P2. Enhancing farm viability and competitiveness of all types of agriculture in all regions and promoting innovative farm technologies and the sustainable management of forests.
- P3. Promoting food chain organisation, including processing and marketing of agricultural products, animal welfare and risk management in agriculture.
- P4. Restoring, preserving and enhancing ecosystems related to agriculture and forestry.
- P5. Promoting resource efficiency and supporting the shift towards a low carbon and climate resilient economy in agriculture, food and forestry sectors.
- P6. Promoting social inclusion, poverty reduction and economic development in rural areas.”

(Gobierno Vasco Sin publicar, p.76-82)

- **LINE 2: Brand image and quality.** It consists of promoting the brand image (label) which provides the designation of Biosphere Reserve, with the aim of strengthening the products and services of the region.

- **LINE 3: Sustainable tourism.** It seeks to foster sustainable tourism as a means of achieving an economic boost. It involves improving the quality of tourism through culture, both tangible and intangible, and the environment.

4.4.3.2. Regional Programme of the Rural Development of Spain for Basque Autonomous Community from 2014 to 2020 (Gobierno Vasco Sin publicar)

According to the Regional Programme of the Rural Development of Spain, the framework for action for the period 2014-2020 defines the following priorities:

4.4.3.3. Otros estudios

En este sentido Juan Cruz Alberdi Collantes en el trabajo *“Experiencia, pragmatismo y líneas de actuación comunes, bases del nuevo modelo de desarrollo rural del País Vasco”* (Alberdi 2010, p.28-29), expone los siguientes ejes para los núcleos rurales de Vizcaya:

4.4.3.3. Other studies

Juan Cruz Alberdi Collantes describes the following keys for rural districts of Biscay in his book *“Experiencia, pragmatismo y líneas de actuación comunes, bases del nuevo modelo de desarrollo rural del País Vasco”* (Alberdi 2010, p.28-29):

“Eje 1. Sector primario.

- **Objetivo.** *Mantenimiento de la actividad agrícola.*
- **Estrategias.** *Impulsar nuevas incorporaciones. Estudiar y promover alternativas que faciliten el acceso al suelo. Facilitar el acceso a las subvenciones en igualdad de condiciones de los agricultores y ganaderos mixtos.*
- **Objetivo:** *Mejorar la rentabilidad de las explotaciones.*
- **Estrategias:** *Buscar e impulsar fórmulas que contribuyan al incremento del valor añadido de las producciones agrarias (transformación, comercialización y/o diversificación de la producción) y que repercutan positivamente en el productor. Desarrollar nuevos canales de comercialización.*
- **Objetivo:** *Mantener la actividad forestal e impulsar su diversificación.*
- **Estrategias:** *Favorecer la introducción de nuevas especies y usos. Favorecer la segunda transformación.*
- **Objetivos:** *Concienciar al conjunto de la sociedad sobre la multifuncionalidad del espacio rural y ponerla en valor.*

Eje 2. Turismo.

- **Objetivo:** *Sensibilizar a la sociedad y las administraciones del potencial del sector como actividad económica.*
- **Objetivo:** *Conseguir un sector turístico más definido, estructurado y coordinado hacia objetivos comunes y globales.*
- **Estrategias:** *Impulsar la creación y el desarrollo de las empresas turísticas. Crear productos turísticos en el ámbito de Vizcaya: puesta en valor de los recursos. Desarrollar alternativas para superar la estacionalidad así como nuevas opciones para pasar del turismo de día a viajes con pernoctaciones en el destino. Mejorar la promoción y comercialización.*

Eje 3. Cohesión territorial, cohesión social e identidad

- **Objetivo:** *Impulsar/Mejorar la coordinación entre los distintos organismos a nivel territorial (Bizkaimendi, LandaVizcaya, Landaberri).*
- **Objetivo:** *Lograr que las actuaciones se desarrollen con visión común.*
- **Objetivo:** *Búsqueda de soluciones aplicables a todas las comarcas para fortalecer el sentimiento de pertenencia, favorecer la participación de la población, fomentar la integración de los residentes...*
- **Objetivos:** *Establecer vías de difusión y de participación en la definición de los distintos planes que se desarrollen en la Comarca.*

Eje 4. Calidad de vida

- **Objetivo:** *Mejorar la calidad de vida de los habitantes de las zonas rurales.*
- **Estrategias:** *Intermediar ante el departamento de Educación para que en los casos en los que por ley les corresponda se abran los centros educativos pertinentes. Identificar a los posibles usuarios de los servicios sociales y actuar de una manera más proactiva a la hora de ofrecer los mismos. Intermediar ante el departamento de Sanidad para dar respuesta a las necesidades en equipamientos y servicios de salud en el medio rural. Dotar y optimizar de recursos económicos y humanos para mejorar el aprovechamiento y optimización de los centros socioculturales. Garantizar el acceso a banda ancha a todos los vecinos del medio rural. Adecuar y procurar el acceso de la población rural a los servicios y equipamientos.*

Eje 5. Actividad Económica

- **Objetivo:** *Impulsar/promover la generación de actividad económica en las zonas rurales.*
- **Objetivo:** *Aprovechar las oportunidades que ofrece la apuesta existente en torno a la innovación y emprendizaje para desarrollar las zonas rurales."*

(Alberdi 2010, p.28-29)

Paralelamente en el año 2009 se desarrolla el estudio sobre la segregación de los bienes patrimoniales, entre ellos el caserío, en espacios residenciales debido a la demanda social creciente en la Reserva de la Biosfera.

El trabajo "*Estudio de la posible división horizontales de las edificaciones residenciales existentes en el suelo clasificado como no urbanizable en el ámbito de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai*" (Gobierno

In addition to this, a study was carried out simultaneously in 2009 on the dispersion of heritage constructions, among which is the farmhouse, across residential areas due to the increasing social demand in the Biosphere Reserve.

The research work "*Estudio de la posible división horizontales de las edificaciones residenciales existentes en el suelo clasificado como no urbanizable en el ámbito de la Reserva de la*

Vasco 2009) completa una división horizontal de medio centenar de inmuebles de las cuales 26 son caseríos, unifamiliares y bifamiliares.

Además desde la Oficina Técnica de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai se está trabajando en la capacidad del territorio para absorber las necesidades que surgieran en caso de que las viviendas en los caseríos se duplicasen y en definir estrategias energéticas para reducir su impacto ambiental.

Frente a estas estrategias de desarrollo, el caserío como microsistema habitacional y multifuncional tiene la oportunidad de recuperar su protagonismo en los núcleos rurales. Aprovechar las ventajas de la coyuntura económica e integrarse en las directrices para darle la vuelta a la situación de deterioro y asumir la necesidad de cambio adaptándose a nuevos escenarios de uso.

4.4.3.4. El cambio de mentalidad en el caserío

Tradicionalmente el cambio del uso del caserío ha sido tema de discusión social en el País vasco. Sin embargo, la mentalidad conservadora que caracteriza a los *baserritarras* más arraigados a su caserío y el temor a la pérdida del valor histórico debido a las posibles alteraciones arquitectónicas que pudiesen conllevar las adaptaciones socioeconómicas, ha concluido en un escenario preocupante y de poco propicio a este símbolo cultural.

Como documento escrito la propia normativa de la Diputación de Vizcaya de 1933 contemplaba la protección del caserío desde la perspectiva de rechazo a otro tipo de multifuncionalidad que no estuviese ligado a la explotación agropecuaria:

“Tampoco será consentido el arrendar una parte del caserío para tabernas ni clase alguna de industria que no sean las de puro carácter agro pecuario”

(Diputación de Vizcaya 1933, p.18)

Biosfera de Urdaibai” (Gobierno Vasco 2009) looks into a horizontal division of nearly fifty buildings, 26 of which are farmhouses, being either single-family or two-family units.

Besides, the Technical Department of the Urdaibai Biosphere Reserve is working on the capability of the territory to meet the possible needs that would arise if the number of dwellings in the farmhouses increased twofold, as well as on defining energy strategies to reduce the environmental impact if this happened.

These development strategies provide the farmhouse, as a habitable and multifunctional micro-system, with the opportunity to recover its prominence in rural districts. It should take advantage of the economic juncture and follow the guidelines in order to overcome the state of deterioration and accept the necessity of a change by adapting to new user scenarios.

4.4.3.4. Change of mentality in the farmhouse

The change of use of the farmhouse has been a subject of social discussion in the Basque Country for a very long time. However, the conservative attitude typical of the farmers who feel most attached to their farmhouse and the fear of losing its historical value due to the possible architectural alterations that might derive from socioeconomic adaptations have resulted in a worrying and unpleasant situation for this cultural symbol.

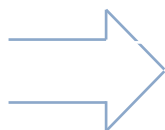
For instance, the regulations of the Diputación de Vizcaya of 1933 approached the preservation of the farmhouse from the rejection of any type of multifunctionality that wouldn't be linked to the agricultural exploitation:

Es de entender que la explotación del suelo es parte esencial del valor cultural y simbólico del caserío. Característica que se considera que se debe mantener en los futuros escenarios en la medida que sea posible y sostenible. Pues la relación entre el patrimonio cultural y la agricultura es de especial relevancia para el bien de la sociedad.

De manera que es un desafío combinar la agricultura como actividad económica y el sistema del uso del suelo con el patrimonio cultural basándose en su conservación y límites (Daugstad, Rønningen et al. 2006). Sin embargo, la agricultura puede entenderse como un recurso añadido para la puesta en valor del patrimonio cultural. Un valor ligado a la cultura de la explotación de cultivos de calidad que a la vez está vinculado a la identidad de la sociedad.

Understandably, land exploitation is an essential part of the cultural and symbolic value of the farmhouse. This is a feature which is to be maintained in future scenarios whenever it is possible and sustainable, since the relationship between cultural heritage and agriculture is of special relevance to the good of the society. This is one reason why it seems challenging to combine agriculture as an economic activity and the land working system with the cultural value based on its preservation and limits (Daugstad, Rønningen et al. 2006). However, agriculture can be regarded as an added resource in order to enhance cultural heritage, which is linked to the exploitation of quality crops which are linked to social identity at the same time.

EXPLOTACIÓN AGROPECUARIA/ AGRICULTURAL EXPLOITATION



VALOR CULTURAL/ CULTURAL VALUE

4.4.4. Los nuevos ámbitos de las alternativas

De acuerdo con lo establecido en el apartado anterior las alternativas de uso del caserío se dividen en tres ámbitos principales.

4.4.4.1. Productos locales de la mano de la ecoagricultura

La concienciación del medioambiente y la preocupación hacia la calidad de los productos alimenticios ha cambiado la manera de pensar de los consumidores (Sánchez, Grande et al.). De manera que la agricultura moderna, de la mano de la ecoagricultura, se considera como alternativa a agricultura postindustrial y sobreexplotada (López 2013).

4.4.4. New fields of the alternatives

According to what has been said in the previous section, the use alternatives of farmhouses are divided into three main fields.

4.4.4.1. Production of local products through ecoagriculture

Environmental awareness and concerns about the quality of food products have changed consumers' way of thinking (Sánchez, Grande et al.). Given the circumstances, modern agriculture, thanks to ecoagriculture, is regarded as an alternative to postindustrial and overexploited agriculture (López 2013).

Además se apuntan como grandes oportunidades la proximidad de la producción a los potenciales consumidores de productos agroalimentarios, la existencia de un gran número de ferias, el aumento de la demanda de productos de calidad y los circuitos cortos de comercialización (Alberdi 2010, p.22).

Por lo que respecta a Urdaibai, la feria de todos los lunes de Gernika sigue siendo el escaparate de los productores locales. Y en especial las ferias anuales del primer y el último lunes de Octubre donde se exponen el ganado y los productos agrícolas además de la maquinaria más moderna y que todavía acogen a millares de personas al año,

A ello se le suma que los productores locales en el País Vasco han establecido lazos interesantes con los consumidores que agilizan su venta (Holt 2013). La venta directa del caserío al consumidor a través de internet es una realidad. En 2009 se recogía en noticias lo siguiente:

“Un total de 400 vascos ya están recibiendo en casa productos directamente vendidos por 150 agricultores y ganaderos de Euskadi. Los compradores se asocian con los productores a través de Internet y así, degustan huevos, leche, queso, pollo o tomates de caserío”

(Etxebarria 2009)

Pero sobre todo la marca del producto local que garantiza calidad cada vez aparece con más fuerza.

Existen tres regímenes de calidad reconocidos en Euskadi que gozan de apoyo institucional: la marca Euskal Baserri, la producción artesanal alimentaria de Euskadi y sobre todo, la marca de calidad Eusko Label.

Besides, there are several factors which represent great opportunities, such as the proximity of the production site to the potential customers of agricultural products, the existence of a large number of fairs, the rise in the demand for quality products and the short time necessary from production to sale (Alberdi 2010, p.22).

When it comes to Urdaibai, the fair held every Monday in Gernika is still the perfect showcase for local producers. The ones held on the first and last Mondays of October, when livestock and agricultural products as well as state-of-the-art machinery are on display, stand out from the rest, drawing thousands of people every year.

All this is favoured by the fact that local producers in the Basque Country have forged interesting bonds with their consumers, which improves the sales (Holt 2013). Moreover, the direct sale on the internet has become a reality. In 2009, a news article read the following:

But there is one thing which is increasingly becoming more popular, and that is the brand of the local product.

There are three quality schemes that are backed by authorities: the brand Eusko Baserri, the traditional Basque food production and, above all, the quality stamp Eusko Label.



Fig. 50. Eusko label, the local brand.
(Eusko label Tienda 2015)

Dentro de éste último el Plan de Desarrollo Sostenible de 2014-2020 define los productos que están protegidos e impulsados por las instituciones (Gobierno Vasco Sin publicar, p.136):

- Lechuga del País Vasco
- Tomate del País Vasco
- Guindillas de Ibarra
- Alubias del País Vasco
- Patata de Álava
- Aceite de oliva virgen extra
- Sidra natural del País Vasco
- Leche del País Vasco
- Pollo de caserío vasco
- Huevo de caserío vasco
- Cordero lechal del país vasco
- Cerdo de caserío
- Miel
- Vacuno

Regarding the latter, the Plan for Sustainable Development of 2014-2020 describes the products which are protected and promoted by the authorities (Gobierno Vasco Sin publicar, p.136):

- Basque Country Lettuce
- Basque Country Tomato
- Ibarra green chillies
- Basque Country Beans
- Potato from Alava
- Extra virgin olive oil
- Natural cider of the Basque Country
- Milk of the Basque Country
- Basque farmhouse chicken
- Basque farmhouse eggs
- Lamb of the Basque Country
- Pork of the Basque Country
- Honey
- Bovine



Fig. 51. Eusko Label local products (Eusko Label Tienda 2015)

4.4.4.2. Turismo sostenible

El potencial que ofrece la Reserva de la Biosfera con una riqueza paisajística y natural y con gran valor cultural, histórico y arquitectónico, protegida además por la UNESCO, ofrece diversas posibilidades de explotación turística de calidad. La naturaleza y el patrimonio cultural construido son una atracción complementaria. Se enriquecen mutuamente.

4.4.4.2. Sustainable tourism

Thanks to its scenic and natural wealth and its great cultural, historical, and architectural value, the Biosphere Reserve, which is protected by UNESCO, offers a great potential that enables a wide range of high quality tourism opportunities. The scenery and the cultural heritage are added attractions which enrich one another.

El caserío como ente simbólico de la relación de la naturaleza y el humano, y patrimonio construido que contiene escrita en sus muros la memoria campesina tradicional se convierte en nodo ideal para acoger algunos escenarios de uso relacionados con el turismo local e internacional. Pues éste es considerado la actividad complementaria para las comunidades locales y especialmente para las familias campesinas que se dedican a la agricultura y ganadería (Cánoves, Villarino et al. 2004).

Sin embargo, el turismo ha sido vendido como panacea para los problemas económico de núcleos rurales, pero a pesar de que es capaz de reactivar con cierta eficacia, es necesario que exista diversidad de actividades y una relación más estrecha con los núcleos urbanos e inversiones desde gobiernos locales (Cánoves, Villarino et al. 2004)

Hoy en día los pueblos y sitios históricos *compiten para atraer a turistas y los lugares desconocidos empiezan a tener cabida en el mercado del patrimonio* (Jimura 2011) (ver Fig. 43).

En conclusión el turismo sostenible es un ámbito con potencial que puede reactivar la función del caserío en el territorio.

Por un lado los escenarios tales como el agroturismo o casas rurales son una realidad

The farmhouse turns out to be the ideal node to house some of the uses related to both local and international tourism, since it represents the symbol of the relationship between nature and humans, and it is a built heritage whose walls have been written on with the traditional rural memory. Tourism is regarded as the complementary activity of local communities and, especially, of those farming families devoted to agriculture and husbandry (Cánoves, Villarino et al. 2004).

Tourism has been seen as the panacea for the economic problems in rural areas, but, even though it is capable of reactivating their economy to a certain extent, a wide range of activities, a closer relationship with urban areas and investment from local authorities are necessary (Cánoves, Villarino et al. 2004).

Nowadays, there is a stiff competition between towns and historical sites to attract tourists, and places which are unknown begin to find their niche in the heritage market (Jimura 2011) (see Fig. 43)

In conclusion, sustainable tourism is a field which presents considerable potential that can reactivate the role of the farmhouse in the territory.

On the one hand, scenarios such as agritourism or rural houses are a reality that show the

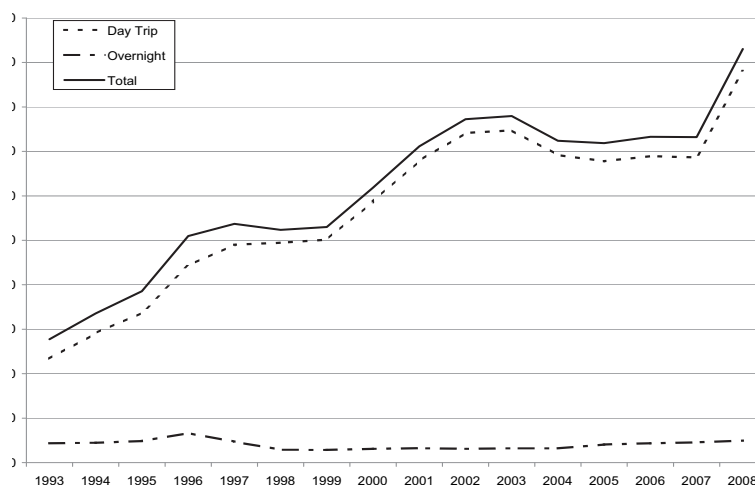


Fig. 52. Number of tourists to Shirakawa-mura (Jimura 2011, p.3)

que enseña también el marco socioeconómico de Urdaibai, pues es de gran interés para el turista acomodarse bajo techos que albergan memoria rural del lugar, con hábitos que identifican la cultura vasca popular y que esconden un valor patrimonial y arquitectónico único para la sociedad. La casa rural de Ozollo es un claro ejemplo de ello.

socioeconomic status of Urdaibai, becoming options of great interest for tourists since they find accommodation in buildings that hold memory of the traditional local lifestyle and the customs that characterize the Basque culture, apart from having a unique cultural and architectural value for its society. The rural house of Ozollo is a clear example.



Fig. 53. Rural House of Ozollo, G. Arteaga. Urdaibai

Y por el otro lado, los caseríos convertidos en restaurante y/o bar son también otra posibilidad que hoy en día funciona de manera notable. También son parte de la difusión e impulsión de productos autóctonos y son la exposición ideal del potencial de la gastronomía vasca (ver Fig. 45).

On the other hand, farmhouses turned into restaurants and/or bars are also another possibility which has proved to work quite well these days. They are also responsible for the promotion and spreading of local products and represent perfectly the potential of the Basque gastronomy (see Fig. 45).



Fig. 54. Lezika bar and restaurant, Kortezubi. Urdaibai (Lezika 2014)

4.4.4.3. Concienciación a través de formación de la masa social

Con el objeto de sensibilizar y concienciar a la masa social del valor de la memoria y sobre todo del valor y calidad del producto autóctono, el *baserri* en ocasiones puede ser un nodo expositivo y de formación que responda a esta necesidad. La cohesión social, la participación y la difusión son estrategias que puede absorber una escuela granja o un museo.

4.4.4.3. Raising awareness through the education of society

In order to raise awareness of the value of memory and especially of the value and quality of local quality products among the population, the farmhouse can sometimes work as a node of exposition and education that meets that necessity. Social cohesion, participation and dissemination are functions that can be located in a school farm or a museum.

4.4.4.4. Segregación en viviendas



4.4.4.4. Division into dwellings



Fig. 55. Landetxo goikoa museum, Mungia (Landetxo Goikoa 2014)

La demanda social actual sobre la segregación del caserío en distintas viviendas es fruto de discusión en los últimos años. El incremento de viviendas de nueva construcción en el las áreas rurales de Urdaibai es considerable y debido a la baja calidad arquitectónica y desafortunados crecimientos urbanísticos hace que las nuevas normativas miren hacia la prohibición de dicha posibilidad.

The current social demand for the division of farmhouses into different houses has been a subject of debate for the past few years. There has been a considerable increase in the number of new houses in the rural areas of Urdaibai, and due to their low architectural quality and the unfortunate urban growth, new regulations are looking into the banning of such option.

Sin embargo, mientras este crecimiento aumenta, el deterioro y el abandono del caserío no se ralentizan. Se encuentra enfrente a normativas que impiden su segregación por miedo a la fuerte alteración arquitectónica que conlleva una transformación de este tipo además del impacto demográfico descentralizado que conlleva. Pues, el incremento de la población en estos núcleos viene de la mano de requerimientos de mejora de infraestructuras

While this growth is increasing, the deterioration and abandonment of farmhouses continues its course without slowing down. Farmhouses have to face regulations that impede its division for fear of the considerable architectural alteration and the demographic impact that this type of transformation involves. That is, the increase in population in rural areas requires an improvement of road, telecommunications, sanitation and supply

viales, de telecomunicaciones, de saneamiento y abastecimiento y de otros factores que tienen un impacto económico, social, ambiental y paisajístico importante.

Por otra parte, esta cuestión choca con la tradicional norma de propiedad que ha caracterizado y ha hecho preservar los caseríos durante tanto tiempo. Pero, también es verdad que el caserío aceptó ser construido por más de un propietario, de manera que: ¿Porqué no ahora dar esta posibilidad si su supervivencia así lo requiere?

Por todo ello, esta alternativa de uso del caserío es una posibilidad real que garantiza una demanda a considerar, pero requiere indispensablemente de una atención y sensibilidad especial por parte de todos los actores privados y públicos para proteger su valor patrimonial, su arquitectura y su ser como icono cultural.

En este sentido esta tesis acota recomendaciones para que estas actuaciones sean las adecuadas.

4.4.5. Las alternativas para los caseríos

En conclusión, para la adaptación sostenible y duradera del caserío como nodo habitacional y multifuncional se detectan las siguientes alternativas de escenario de uso.

4.4.5.1. Agroturismo

El agroturismo es la primera alternativa de uso que se presenta. Tiene la característica de que su actividad es doble, debido a que es de obligación que exista una explotación agraria.

“Los establecimientos de agroturismo deberán estar integrados en explotaciones agrarias, responder a las arquitecturas tradicionales de montaña o propias del medio rural y estar ubicados en núcleos rurales.”

Artículo 4 (B.O.P.V. 2013, p.3)

infraestructuras, apart from involving other factors with a considerable economic, social, environmental and scenic impact.

Besides, the concept of division is opposed to the traditional proprietorial norm that has characterized farmhouses and has helped preserve them for such a long time. However, if farmhouses were built by more than one owner, why not offer that possibility now if its survival depends on it?

All these reasons make this scenario of use alternative a real possibility that guarantees a response to a social demand worth considering, but it necessarily requires special attention and sensitivity from all the private and public agents involved, so that its cultural value, its architecture and its nature as cultural symbol can be preserved.

This thesis lists some recommendations so that these interventions are the adequate ones.

4.4.5. Different alternatives for the farmhouses

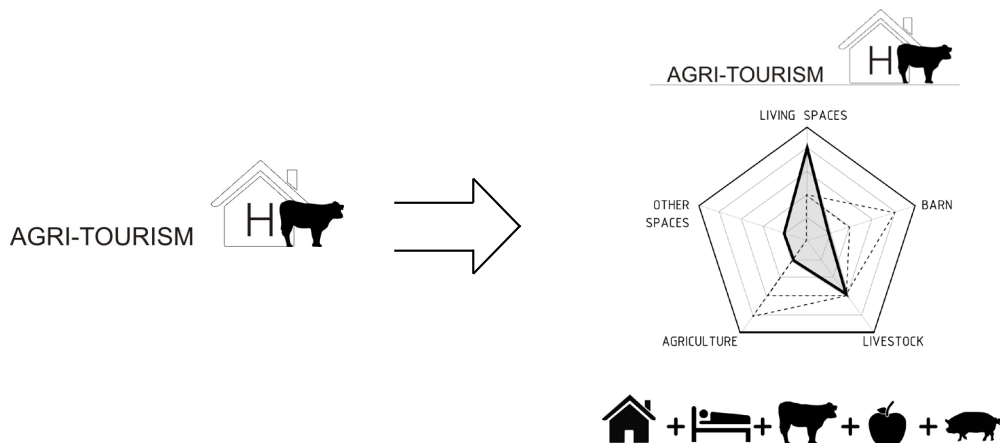
In conclusion, the following user scenarios are identified for the sustainable and lasting preservation of the farmhouse as a habitable and multifunctional node.

4.4.5.1. Agritourism

Agritourism comes as the first use alternative for the farmhouse. It features a dual activity, as the existence of an agricultural exploitation is compulsory.

El establo mantiene su uso tradicional. Esta alternativa ofrece al cliente la experiencia de aprender y apreciar los hábitos del sector agrario, de relacionarse con el ganado u otro tipo de animales mientras se acomoda en un recinto con valor cultural y arquitectónico único.

The stable keeps its traditional function. This alternative provides the visitor with the experience of learning and appreciating the customs of the agricultural sector, being in contact with the cattle or other animals as they stay in a place of unique cultural and architectural value.



4.4.5.2. Casa rural

El uso de la casa rural ofrece alojamiento pero carece de la obligación de mantener la explotación agroganadera.

This option enables the farmhouse to provide accommodation without the obligation to keep the agricultural exploitation.

“...aqueellos establecimientos que estando en el medio rural, ofrecen mediante precio servicio de alojamiento, con o sin manutención, en edificios de arquitectura característica del medio rural en el que se localizan”.

Artículo 3 (B.O.P.V. 2013, p. 3)

Por motivo de proteger el valor simbólico del vínculo con la explotación del suelo, se considera que este uso debe mantener una zona interna dedicada a la agricultura o ecoagricultura.

In order to protect the symbolic value of the link to the working of the land, it is considered that this use should keep an internal area devoted to agriculture or ecoagriculture.

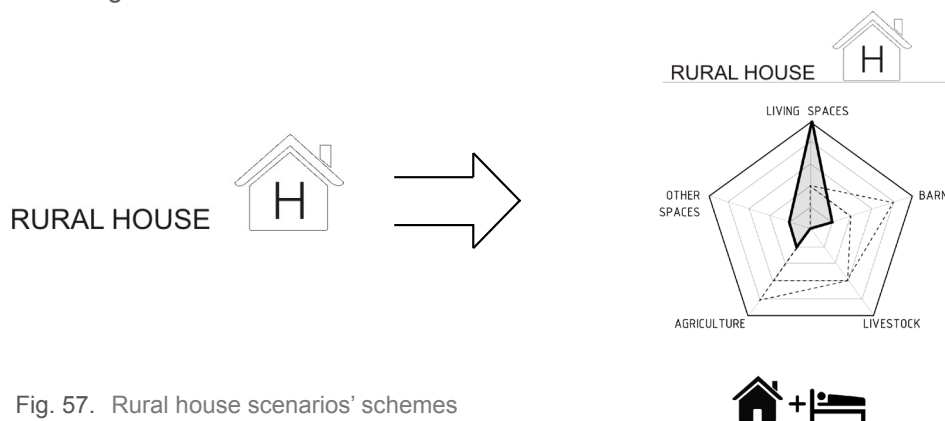


Fig. 57. Rural house scenarios' schemes

4.4.5.3. Restaurante

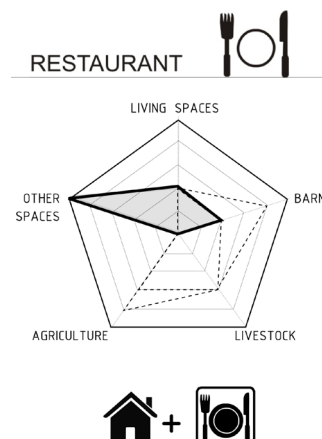
Como se ha mencionado, el restaurante dentro del caserío tiene un papel fundamental de difusión y concienciación de la calidad de los productos autóctonos de la mano de una experiencia gastronómica y arquitectónica única.



Fig. 58. Restaurant scenarios' schemes

4.4.5.3. Restaurant

As it has been said before, fitting a restaurant within the farmhouse plays the important role of dissemination and raising awareness about the quality of local products, thanks to a unique gastronomic and architectural experience.



4.4.5.4. Explotación de ecoagricultivos

El escenario de la explotación relacionado con la ecoagricultura mantiene la multifuncionalidad de antaño pero simplemente limita su explotación a este ámbito. Esto serían los productos a cosechar:

- Lechuga del País Vasco
- Tomate del País Vasco
- Guindillas de Ibarra
- Alubias del País Vasco
- Patata de Álava
- Aceite de oliva virgen extra
- Sidra natural del País Vasco
- Leche del País Vasco
- Huevo de caserío vasco
- Miel.

4.4.5.4. Ecogricultural exploitation

This scenario keeps the multifunctional nature of old days, even though the exploitation is limited to this field. These are the products that would be grown:

- Basque Country Lettuce
- Basque Country Tomato
- Ibarra green chilli peppers
- Basque Country Beans
- Potato from Alava
- Extra virgin olive oil
- Natural cider
- Milk
- Farmhouse eggs
- Honey

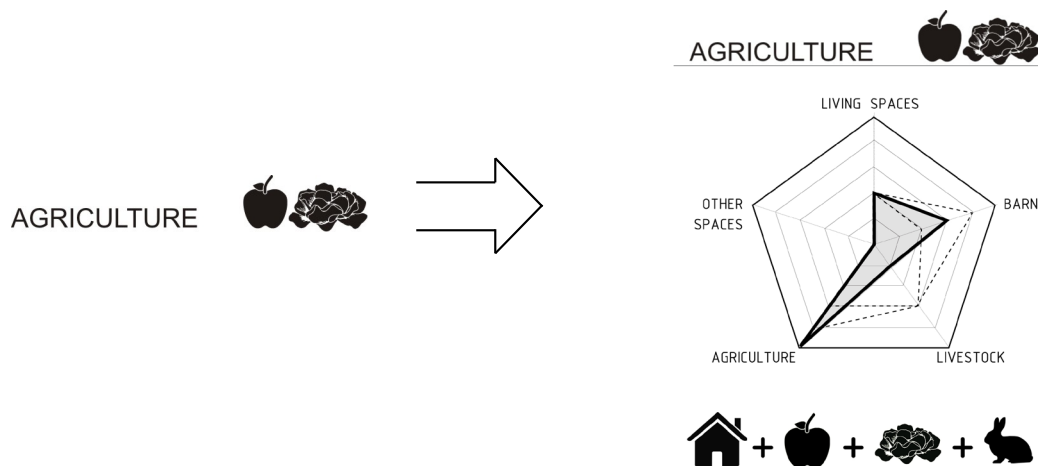


Fig. 59. Agricultural exploitation scenarios' schemes

4.4.5.5. Explotación ganadera o escenario tradicional

En este escenario se asume la explotación agroganadera combinado con la vivienda de los *baserritarras* pero de la mano de nuevas construcciones que permitan competir en producción con otras explotaciones. El caserío en sí, acoge el mismo escenario que el tradicional. Aquí se cuidan los siguientes animales:

Animales pequeños, como el pollo y el conejo entre otros. Y animales más grandes, como vacas, cerdos y ovejas.

4.4.5.5. Animal husbandry or traditional scenario

This scenario combines the agricultural exploitation with the farmers' home, which happens thanks to new constructions that make it possible to compete in terms of production with other exploitations. The farmhouse itself remains as it is in the traditional scenario.

The breeding of animals includes some small animals such as chickens and rabbits, and some bigger animals like cows, pigs and sheep.

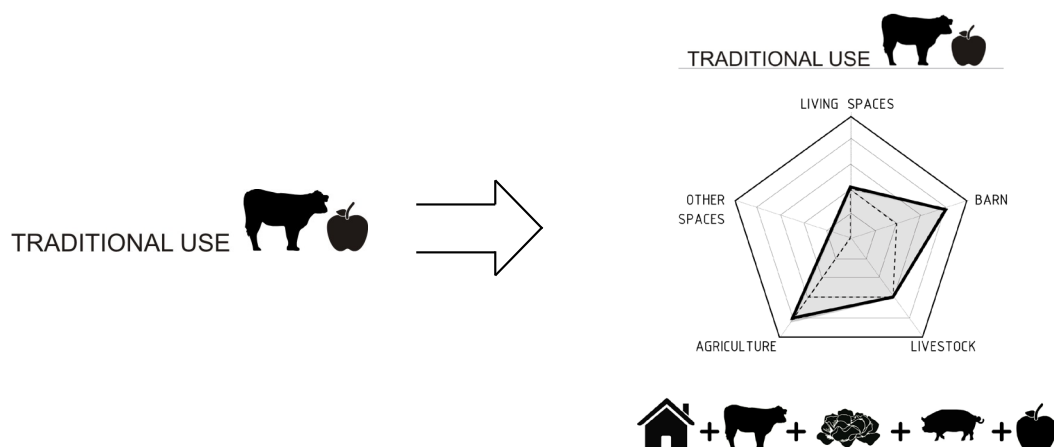


Fig. 60. Traditional scenarios' schemes

4.4.5.6. Núcleo residencial

Debido a la demanda social para la segregación en viviendas del caserío, éste también se entiende como alternativa potencial para la adaptación sostenible. Es el caso que más tensión y sensibilidad requiere por motivo a la alteración arquitectónica que puede producir por los modernos requerimientos de las normativas para este uso.

4.4.5.6. Residential use

Due to the social demand for the division of the farmhouse into different houses, this seems to be a potential option for a sustainable adaptation. The requirements that stem from the regulations of this use might involve a considerable architectural change, so this is the scenario which requires most attention and sensitivity.

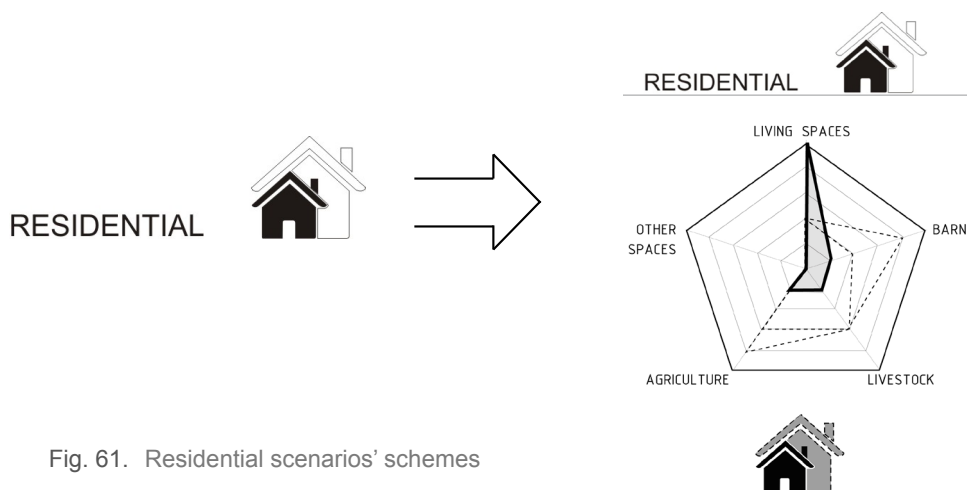


Fig. 61. Residential scenarios' schemes

4.4.5.7. Granja escuela

La granja escuela socialmente se puede contemplar como el escenario más innovador, pero será clave para la difusión, formación y concienciación de la masa social del valor de los productos locales.

4.4.5.7. School farm

The school farm can be regarded as the most innovative scenario, being essential for the dissemination, education, and consciousness-raising on the value of local products among people.

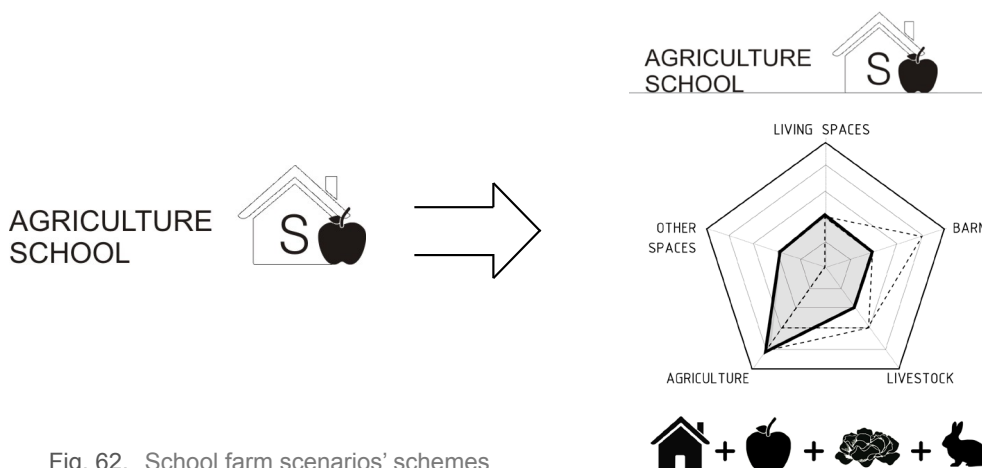


Fig. 62. School farm scenarios' schemes

4.4.5.8. Museo

La museización del inmueble tiene el mismo objetivo que la granja escuela en sentido de concienciación, pero éste está más conectado al valor del caserío como patrimonio construido y como estilo de vida de los *baserritarras*.

4.4.5.8. Museum

Turning the building into a museum shares the same purpose with the school farm in terms of raising awareness, although this one is linked to the value of the farmhouse as built heritage and the lifestyle of the farmers.

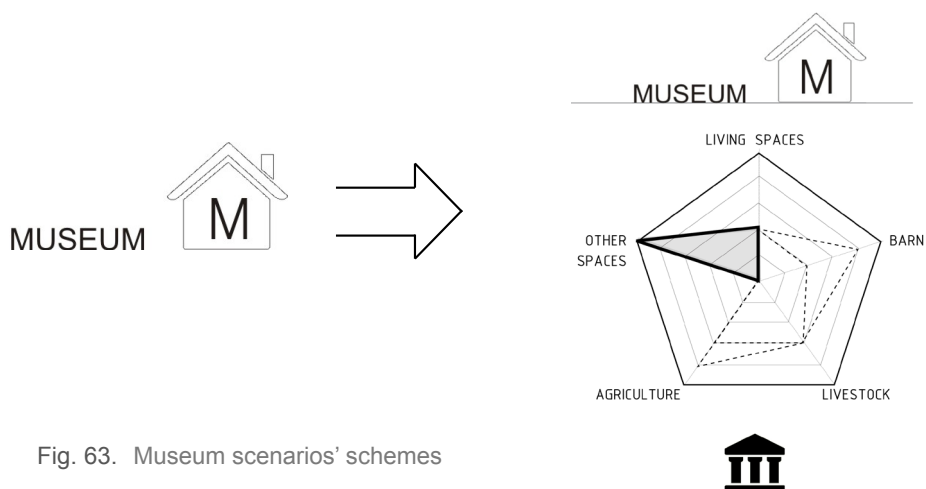


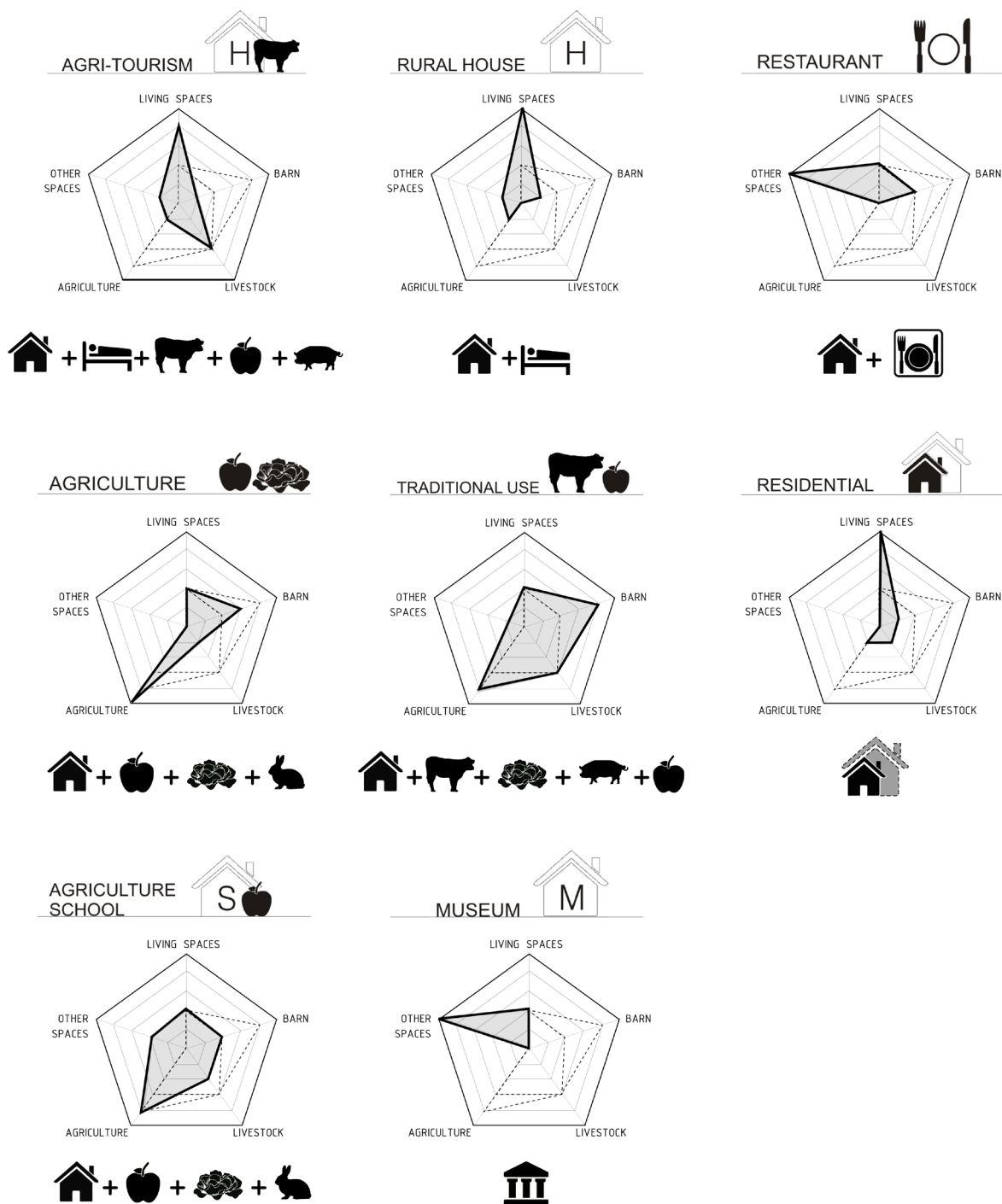
Fig. 63. Museum scenarios' schemes

4.4.6. Resumen de escenarios de uso para la reactivación de los caseríos

Entre otras posibles alternativas, éstos son los ocho escenarios de uso que se proponen para la preservación sostenible de los caseríos.

4.4.6. Summary of the identified user scenarios for the reactivation of the farmhouse.

These eight user scenarios are identified for the sustainable and lasting preservation of the farmhouse as a habitable and multifunctional node.



4.5. HACIA UNA INTERVENCIÓN SENSIBLE AL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

El continuo aumento de las emisiones anuales de gases invernadero que incrementa las posibilidades de un cambio climático irreversible crea la preocupación en los países más avanzados a finales de siglo XX. Los expertos aseguran que se requiere un cambio de mentalidad y de desarrollo industrial para evitar el aumento de 3 °C de las temperaturas previsto para el año 2100. De manera que la sensibilidad del impacto medioambiental de las actuaciones del ser humano cobra protagonismo.

A finales de siglo anterior y sobretodo en este principio del siglo XXI, empiezan a crear iniciativas en forma de directivas, acuerdos, planes o transposiciones internacionales con la finalidad de reducir estas emisiones de la mano de la reducción de la demanda energética y aumento de la producción de fuentes renovables.



4.5. TOWARDS AN INTERVENTION SENSITIVE TO ENVIRONMENTAL IMPACT

The continuous increase in annual greenhouse gas emissions which increments the probability of an irreversible climate change became a matter of concern for the most developed countries in the late 20th century. Experts insist on the necessity of a change of mentality and industrial development to avoid the rise of 3°C in temperature predicted for 2100. Therefore, the awareness of the environmental impact of human actions becomes of great importance.

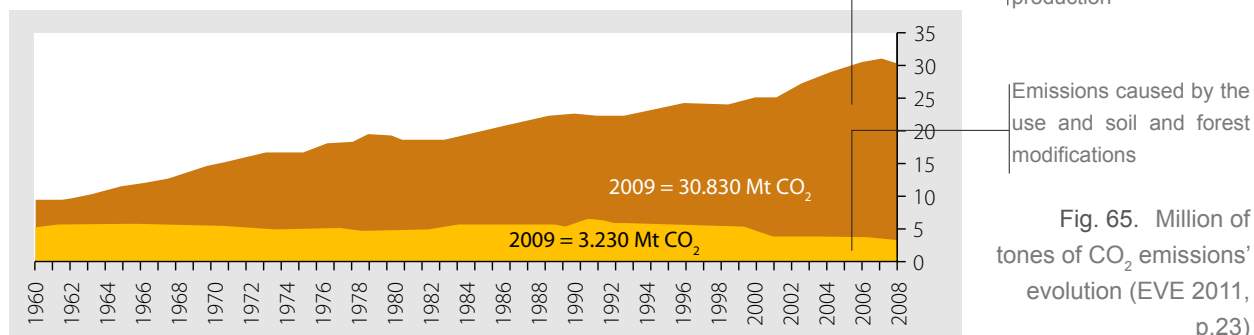
At the end of the previous century, and especially at the beginning of the 21st century, different initiatives in the shape of directives, agreements, plans or international regulations were launched with the aim of reducing these emissions through the reduction of energy demand and the increase of the production of renewable sources.

4.5.1. Situación energética internacional

El consumo energético mundial anual en 2001 era de 7000 Mtep y en 2008 de 8428 Mtep, de manera que cada año ha aumentado un 2.3 %. Desde 1971 durante cuatro décadas el aumento ha sido de 1,7 %, en el cual el sector de la construcción y servicios han sido los responsables de un 36 % del total, mientras la industria y el transporte consumen 28 % y 27 % respectivamente (EVE 2011, p.19).

4.5.1. State of energy around the world

In 2001, energy consumption worldwide was 7000 Mtep, while in 2008 it reached 8428 Mtep, meaning a yearly growth of 2.3%. Since 1971, the increase has kept a rate of 1.7% for four decades. Construction and services sector accounted for 36% of the whole, whereas the share of industry and transport is 28% and 27% respectively. (EVE 2011, p.19).



- **Situación Europea.** En la Unión Europea (UE) el sector de la construcción es responsable del 36 % de las emisiones de CO₂ y el 40 % del consumo total de energía(W.W.F. 2010). Además cada año representa 136 millones de toneladas de basura, del que casi la mitad de ellas se produce en demoliciones.
- **Situación estatal.** A nivel estatal analizando los datos de 2012, el consumo de energía final se reduce un 4 % pero la energía producida desde fuentes renovables entre los años 2007 y 2012 tan sólo pasa de 4,4 % a 7,6 %. De forma que la evolución en el año 2012 está lejos de los objetivos Europeos (Ministerio de Industria, Energía y Turismo 2014).

- **Situation in Europe.** In the European Union (EU), the construction sector is responsible for 36% of CO₂ emissions and 40% of the overall energy consumption (W.W.F. 2010). Besides, it produces 136 millions of tons of waste every year, nearly half of which is generated from demolitions.
- **Situation in the state.** Statistics from 2012 show that state level energy consumption decreased by 4%, but the energy produced through renewable sources between 2007 and 2012 rose from 4.4% to only 7.6%. Therefore, the progress in the year 2012 is far from the European targets (Ministerio de Industria, Energía y Turismo 2014).

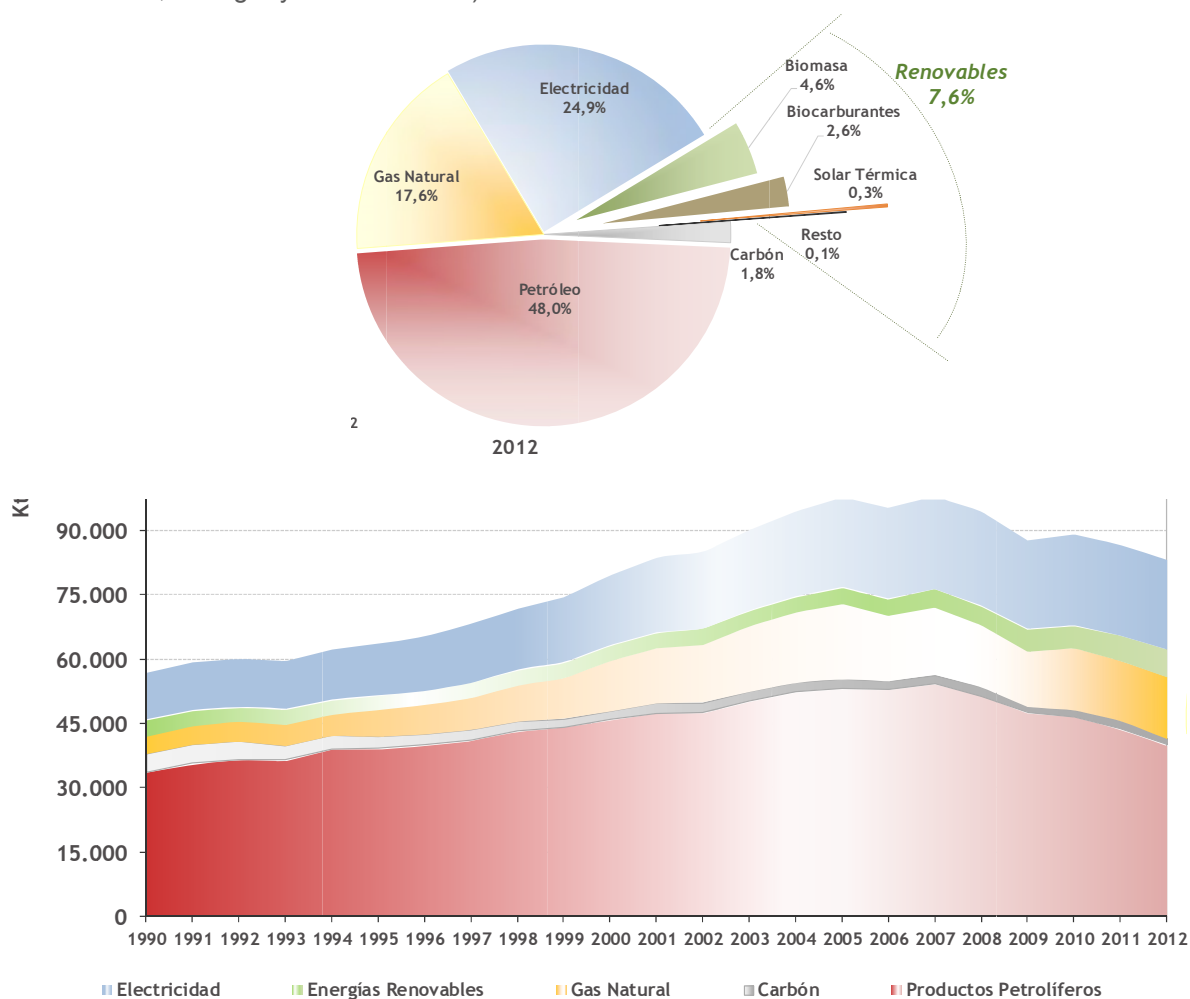


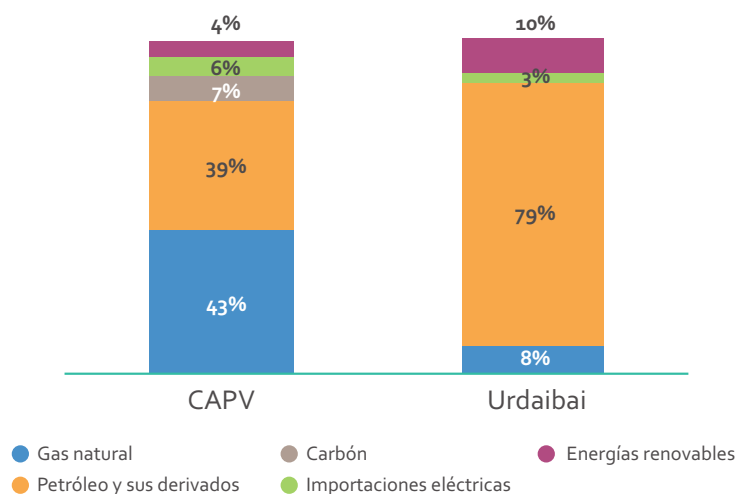
Fig. 66. Energy consumption evolution 1990-2012 (Ministerio de Industria, Energía y Turismo 2014, p.19)

Las viviendas tan solo son responsables del %17 del consumo de energía final, mientras el terciario se limita al 9%. Niveles muy distintos a los europeos debido a la importancia del sector industrial. Además el 20% de las emisiones nacionales de gases de efecto pertenecen también al sector residencial, y si a esto se le suman las originadas por el proceso de construcción, llegarían a la tercera parte del total (IDAE 2008, p.5).

- **País Vasco y la Reserva de la Biosfera de Urdaibai.** Centrándose en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, se consume el 1,3% de la energía necesaria de la Comunidad Autónoma y se produce el 3% de la cantidad de energía producida de fuentes renovables. Entre los años 2000 y 2005 crece el consumo interior bruto un 10,6 % en Urdaibai, mientras en Euskadi el crecimiento es de 14,6 %. La población es el 2,1 % del total de Euskadi. El petróleo y sus derivados son los combustibles más consumidos en Urdaibai, 79 %, seguidos por las renovables, 10 %, y gas natural, 8 %. En el CAPV la dependencia del petróleo es de 39 %, menos que la mitad que la Reserva-79 %- (IHOBE 2009, p.34).

Housing accounts just for 17% of the final energy consumption, whilst the tertiary sector keeps it to a 9%. These levels differ considerably from the European ones due to the importance of the industrial sector. Besides, 20% of the national greenhouse gas emissions come from the housing sector, and together with the emissions produced during the building process, this figure would reach a third of the total (IDAE 2008, p.5).

- **The Basque Country and Urdaibai Biosphere Reserve.** Focusing now on the Urdaibai Biosphere Reserve, data shows that this region consumes 1.3% of the energy needed in the Autonomous Community, while producing 3% of the energy generated by renewable sources. Between 2000 and 2005 the gross domestic consumption increased by 10.6% in Urdaibai, while this figure reaches 14.6% in Euskadi. The population in the area represents 2.1% of the population of Euskadi. Oil and petroleum products are the fuel types most used in Urdaibai (79%), followed by the renewable ones (10%) and natural gas (8%). The dependence upon petroleum in the CAPV is of 39%, less than half of that in the Reserve (IHOBE 2009, p.34).



Cabe destacar que en la Comunidad desde las dos últimas décadas del siglo XX se ha invertido en la producción y transporte del gas natural, siendo Gaviota el yacimiento más importante hasta que esté se queda vacío y se convierte en un almacén. Desde entonces se importa este combustible.

It is worth highlighting the fact that there has been an investment in the production and transport of natural gas in the Community since the last decades of the 20th century. The main gas deposit was Gaviota until it ended up exhausted, being turned into a warehouse after that. This type of fuel has been imported since then.

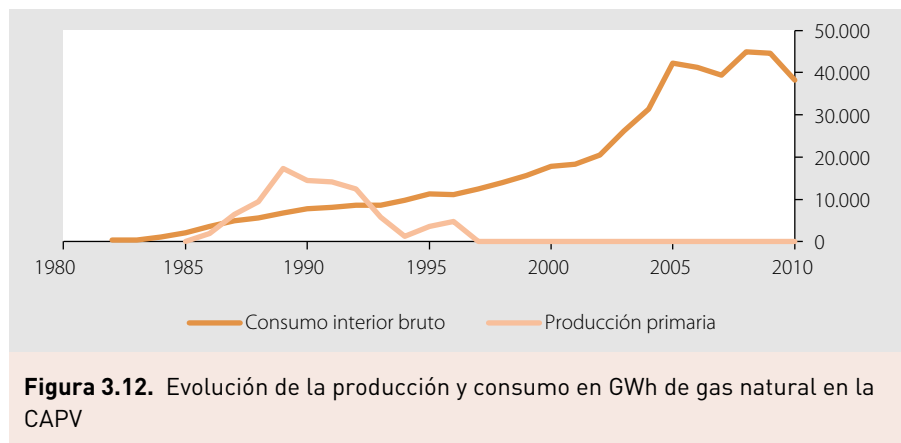
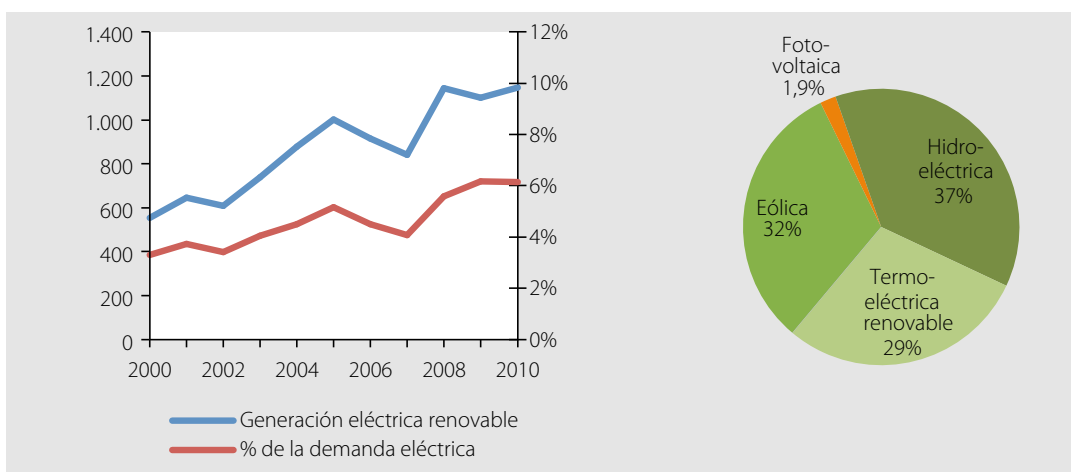


Fig. 68. Natural gas production and consumption evolution in GWh 1960-2010 (EVE 2011, p.65)

Por lo que respecta a las fuentes renovables, su aprovechamiento ha subido un 80 %, desde los 264 ktep del año 2000 que suponía el 4% de la demanda total del País Vasco, al 6,7 % en 2010, con 479 ktep.

Regarding renewable sources, their use has increased by 80%, rising from 264 ktoe in 2000, which accounted for 4% of the whole demand of the Basque Country, to 479 ktoe, representing 6.7% of that demand.



En Euskadi, al contrario que el resto de Europa existe otro marco muy distinto. La industria es el que más consume con un 45% del total, mientras el transporte demanda %33 y el sector del servicio y construcción un 20%. De manera que el sector de la edificación a nivel estatal no tiene la misma responsabilidad medioambiental respecto a la media Europea (EVE 2011).

4.5.2. La evolución en el sector de la construcción.

En este contexto, se debe tener en cuenta que la crisis económica conlleva la caída del sector inmobiliario en el estado, sobretodo en la construcción de nueva planta. Pues se estima que la tasa anual de las nuevas edificaciones a nivel nacional es de tan sólo de 1%, otorgando a la rehabilitación de edificios existentes un papel que antes no se contemplaba.

The setting in Euskadi is very different from the rest of Europe. Industry is the sector whose energy consumption is the highest with 40% of the whole, while transport's share is 33% and the services and construction sector has a demand of 20%. Thus, the environmental responsibility of the building sector nationwide is not the same as the European average (EVE 2011).

4.5.2. The evolution of the construction sector

The economic crisis resulted in the demise of the real estate sector in the country, affecting especially the construction of new buildings. It is estimated that the state's construction rate of new buildings is just 1%, giving the retrofit of existing buildings a role which hasn't been considered before.



Fig. 70. Rehabilitation and new construction's evolution in housing in Spain, 1990-2010 (Ministerio de Industria, Energía y Turismo 2014, p.91)

- **Edificios existentes.** Además en España existen 4,581 millones de viviendas edificadas antes de 1919 y 3,519 millones datadas entre 1919 y 1945, según los datos de 2001 (Tro

- Existing buildings. According to data from 2001, there are 4,581 million houses in Spain built before 1919, and 3,519 million more dated between 1919 and 1945 (Tro

2011). Es el segundo de Europa después de Reino Unido en porcentaje de viviendas ubicadas en edificios anteriores a 1945, con un 38,9 % del total construido. De manera que la necesidad de la restauración de este stock y el potencial de ahorro energético procedente de una rehabilitación eficiente, convierten la rehabilitación energética del patrimonio construido en el nuevo foco de la estrategia energética estatal en el ámbito de la construcción.

2011). It is the second country in Europe, just behind the United Kingdom, in percentage of houses located in constructions built prior to 1945, a 38.9% of the total. Therefore, the need to restore this stock and the energy saving potential that stems from an efficient refurbishment turn the energy retrofit of built heritage into the new focus of the state energy strategy in the field of construction.

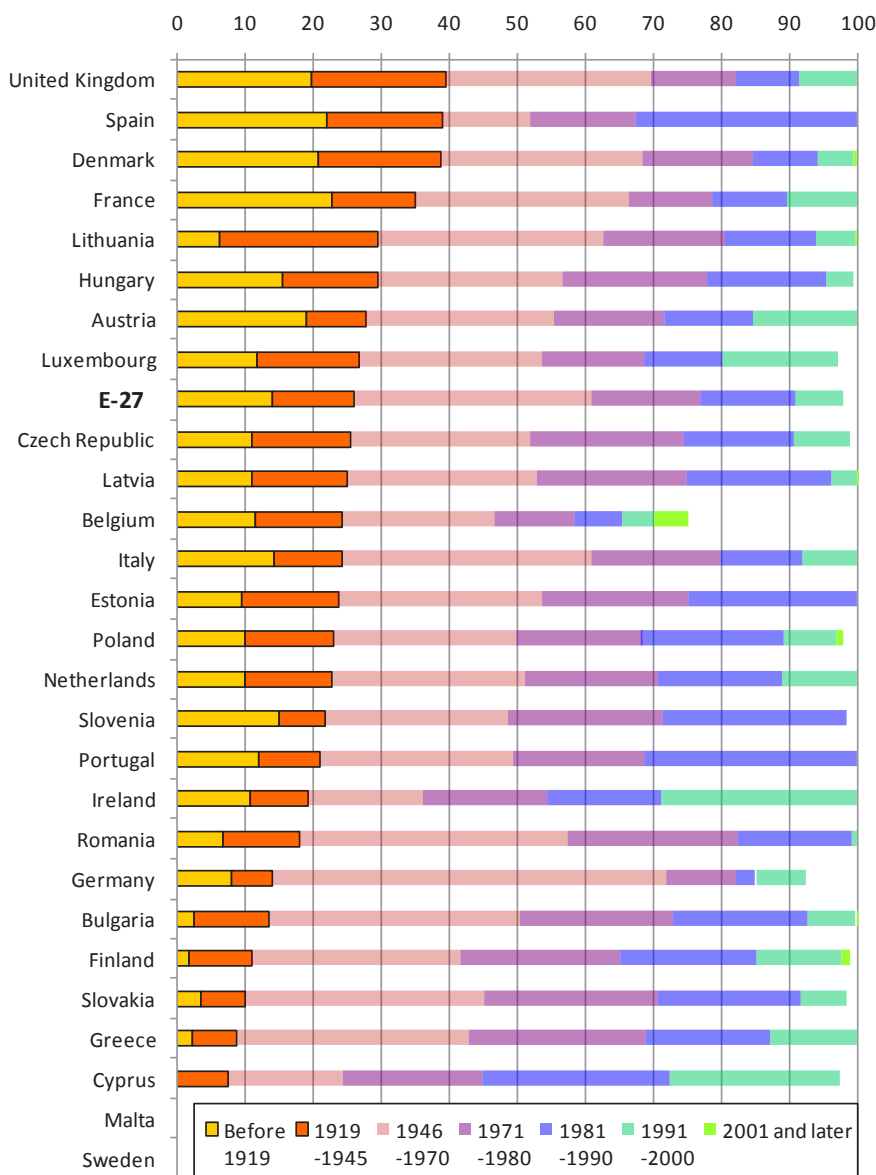


Fig. 71. Share of dwellings in classes for periods of construction for EU-27. Reference year 2001(Troi 2011, p.6)

4.5.3. La rehabilitación energética, la estrategia sostenible

La rehabilitación y la reutilización del parque edificado son conceptualmente e intrínsecamente más sostenibles que la nueva construcción. Es una forma eficiente de gestionar los recursos del entorno natural dado que se evita la necesidad de nuevos materiales –en Europa la construcción asume el 30% de consumo de materias primas, que consecuentemente conlleva a un ahorro importante del transporte. A estos factores se les debe añadir que también es una estrategia que aprovecha la energía embebida de la construcción existente y evita el exceso consumo de suelo donde la construcción es actualmente el agente principal de la pérdida de este recurso no renovable (IHOBE 2014).

Asimismo el Fondo Mundial para la Naturaleza, el WWF, considera que la medida más eficaz para reducir el consumo de la energía y las emisiones de gases de efecto invernadero de la construcción es la disminución de la demanda energética de los edificios existentes (W.W.F. 2010). Puesto que se considera que el ajuste del parque edificado existente puede reducir las emisiones de CO₂ y los costes energéticos en un 42-46% (Rambelli, Garzillo et al. 2014)

A partir de aquí surgen nuevas normativas y planes a distintos niveles, donde destaca el plan de los países de la Unión Europea que pretende que los edificios demanden poca o ninguna energía para el 31 de Diciembre de 2020. Pero la realidad del parque edificado es que se encuentra lejos de estos niveles, dado que la media de la demanda energética de los edificios existentes es de 170 kWh/m² al año (Troi 2011).

En España el consumo energético de 1992 a 2010 incrementa en un 50%, debido en gran medida a los nuevos equipamientos adquiridos y los estilos de vida. La calefacción y refrigeración representan

4.5.3. Energy retrofit, the sustainable strategy

The refurbishment and reuse of existing buildings are conceptually and intrinsically more sustainable than new construction. It is an efficient way to manage natural resources, as the need of new materials is avoided, which consequently results in considerable savings in transport. Construction accounts for 30% of the consumption of raw materials in Europe. Besides, it is also a strategy that takes advantage of the embedded energy of the existing building and prevents the excessive use of land in places where construction is the main cause for the loss of this non renewable resource (IHOBE 2014).

The World Wildlife Fund, WWF, believes that the most effective measure to reduce energy consumption and greenhouse gas emissions by the construction sector is the decrease in energy demand of existing buildings (W.W.F. 2010). It considers that the adjustment of the existing building stock can reduce CO₂ emissions and energy costs by 42-46% (Rambelli, Garzillo et al. 2014).

According to this, new regulations and plans were devised at different levels. Among these, the plan adopted by the countries within the European Union stands out, whose aim is to make buildings use very little or no energy by 31 December, 2020. Nevertheless, the current state of the building stock stands far from this level, since the average energy demand of existing buildings is 170 kWh/m² a year (Troi 2011).

Energy consumption increased by 50% in Spain between 1992 and 2010, mainly due to all the new household equipment and appliances, as well as modern lifestyles. Heating and cooling account for half of the energy demand, and if the consumption of hot water is taken into account, this figure reaches 75% (W.W.F. 2010, p.10).

However, there has been a decrease in household consumption since 2006, which has been brought

la mitad de la demanda, y si se tiene en cuenta el consumo del agua caliente sanitaria esta cifra sube a 75 % (W.W.F. 2010, p.10).

Sin embargo, desde 2006 se contempla un descenso en el consumo de los hogares. Éste efecto es por causa de las mejores condiciones climáticas de los últimos años y de la crisis económica que empuja a las familias a exprimir más la calefacción.

about by the better climatic conditions of the last few years and the economic crisis which drives families to use central heating more efficiently.

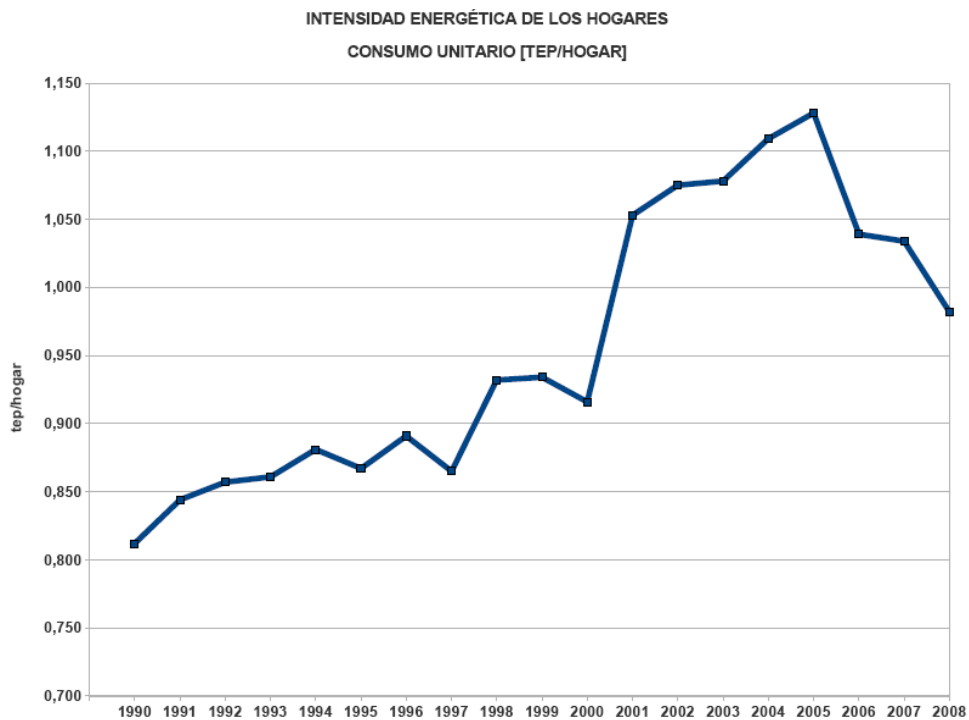


Fig. 72. Home's Energy intensity (W.W.F. 2010, p.11)

Frente a un escenario que requería un impulso desde las instituciones de la mano de la concienciación de la sociedad surge un nuevo contexto energético en Europa. Se crean nuevas directivas, planes, normativas y programas en el continente que mira sobretudo a la edificación de nueva planta.

In the face of a situation which required the stimulus of the authorities by raising awareness among the society, a new energy context emerges in Europe. New directives, plans, regulations and programmes are created focusing mainly on the construction of new buildings.

4.5.4. Contexto Energético en Europa

En este apartado se resume la evolución de las directivas, normativas, planes, estándares y sellos energéticos más trascendentes a nivel Europeo, expuesta de forma más extensa en el apéndice 13.1.

- **Directivas Europeas.**

En el año 2000 la Comisión Europea preocupada de las emisiones de gases invernadero pone en marcha el “*European Climate Change Programme*”, conocido como el ECCP, con la finalidad de implementar una estrategia común para el Protocolo de Kioto. De esta forma a lo largo de la primera década se crean varias directivas con distintas exigencias. Son de destacar la 2002/91/CE que es la primera en encaminar los compromisos para reducir las emisiones de CO₂ pero que se consideran insuficientes en el año 2007, y las 2010/31/UE y 2012/27/UE que van de la mano de los objetivos llamados “20/20/20”. Las exigencias de estos objetivos se dividen en tres ejes principales:

- La reducción en un 20 % de los gases efecto invernadero
- La reducción del consumo energético del 20 %
- La producción del 20 % de la demanda energética mediante energías renovables.

La Directiva Europea 2002/91/CE sobre la Eficiencia Energética de los edificios implanta las directrices a los Estados Miembro de la Unión Europea para la reducción de las emisiones de CO₂ que le corresponden al sector de la construcción. En cuanto a la envolvente térmica de los edificios concreta algunas pautas que los estados miembro necesitaban desarrollar:

- Establecer los valores mínimos para los

4.5.4. The Energy Context in Europe

This section summarizes the evolution of the most significant directives, regulations, plans, standards and energy stamps at a European level, which will be explained more comprehensively in appendix 13.1

- **European Directives**

Concerned about greenhouse gas emissions, the European Commission launches in 2000 the “*European Climate Change Programme*”, known as ECCP, with the aim to implement a common strategy for the Kyoto Protocol. This way, during the following first ten years some directives with different requirements are issued, such as the 2002/91/CE, which was the first one whose commitments were aimed to the reduction of CO₂ emissions, even though they ended up being regarded as insufficient in 2007. Two other directives worth mentioning are the 2010/31/UE and 2012/27/UE, which go along the lines of the goals known as “20/20/20”. These goals set some requirements divided into three mine lines:

- The reduction by 20% in greenhouse gases.
- The reduction by 20% in energy consumption.
- The production of 20% of the energy demand by means of renewable sources.

The European Directive 2002/91/CE on buildings' Energy Efficiency sets some guidelines that Member States of the European Union must follow in order to reduce the CO₂ emissions which are generated by the construction sector. Regarding the thermal envelope of buildings, there are some guidelines that member states need to develop further:

- They have to establish minimum values for structural elements of the thermal envelope in order to reduce the necessary energy demand and adapt the buildings thermally,

elementos de construcción de la envolvente térmica para reducir la demanda de energía necesaria para adecuar térmicamente los edificios y crear instrumentos para garantizar la verificación de estos valores. Estos valores tienen el campo de aplicación tanto en construcciones de nueva planta como en las rehabilitaciones que cumplen algunos requisitos. Asimismo, se concreta la orden de actualizar estos valores cada cinco años para adaptarse al camino de cumplimiento de los objetivos de 2020.

- Ofrecer instrumentos para medir el comportamiento energético de los edificios y conseguir la calificación energética, siendo exigible tanto para las construcciones de nueva planta como para los que ya existen.

En 2012 se endurecen las exigencias de las directivas, hasta que se exige que a partir del 31 de Diciembre del 2020 los edificios de nueva planta sean de consumo casi nulo y se adelanta este requerimiento al 2018 para las construcciones públicas (Parlamento Europeo 2012). En este sentido, la Comisión Europea en el año 2014 publica *“Un marco estratégico en materia de clima y energía para el período 2020-2030”*, con distintas premisas en las que destacan las siguientes pautas:

- La reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero en un 40 % respecto al nivel de 1990 para el 2030
- Al menos un 27 % de reducción en el consumo energético.
- El aumento de la cuota de la energía renovables al menos al 27 % para la UE

Sin embargo, estas exigencias hacia Edificios de Consumo Casi Nulo (ECCN) se delimitan a la construcción de obra nueva, dejando de lado una hoja de ruta clara de la rehabilitación energética. Además a pesar de que los objetivos

while providing means to guarantee the verification of these values. They are applicable both in the construction of new buildings and in retrofits which meet some requirements. Apart from this, it is compulsory to update the values every five years to follow the path that leads to the achievement of the 2020 goals.

- They have to offer means to measure the thermal performance of buildings and obtain the energy rating, which can be required to both new buildings and existing ones.

In 2012 the demands of the directives were toughened, up to a point that the consumption of new buildings must be close to zero from 31 December 2020 onwards. What is more, public buildings have to comply with this requirement starting in 2018 (European Parliament, 2012). The European Commission published *“A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030”* with different premises among which the following guidelines stand out:

- The reduction in greenhouse gas emissions by 40% in relation to the 90% level by 2030.
- A reduction of at least 27% in energy consumption.
- The increase of the share of renewable energies to at least 27% in the EU.

However, these requirements for Nearly Zero-Energy Buildings (NZEB) only consider the construction for new buildings, leaving a road map for an energy renovation aside. Besides, despite these goals being agreed at a European level by the European Commission, there is a lack of rigour and control so that the Member States can implement their own national regulations. Therefore, there is a wide range of energy requirements in the field of construction among the countries of the European Union, resulting in an evolution slower than it had

estén acordados a nivel europeo, por la Comisión Europea, no existe rigor y control suficiente para que los Estados Miembro implementen en sus normativas estatales. De manera que actualmente existe una gran variedad en las exigencias energéticas en el ámbito de la construcción entre los países de la Unión Europea, concluyendo en una evolución más lenta de la prevista.

Por consiguiente se crean varios estándares y sellos energéticos a nivel europeo que van más allá de las exigencias energéticas de las normativas y acercan la nueva construcción y la rehabilitación a hacia ECCN. El certificado Passivhaus y EnerPHit, SUSTAINCO y ALPHOUSE.

- **Normativa estatal. Código Técnico de Edificación**

En el caso de España, la sección que le corresponde a la demanda de la adaptación térmica se desarrolla por medio del CTE publicado en 2006 que ha sido actualizado en el año 2013 a través del Real Decreto 235/2013. En esta actualización, con la inserción del apartado HE 0, se limita por vez primera la demanda energética primaria para las edificios nuevos. Y la verdad es que ha sido un salto importante en el consumo de las edificaciones. Por lo que respecta a las exigencias de la envolvente térmica, dependen de la zona climática. Existe el concepto del “edificio de referencia” que se define de la siguiente forma:

“...edificio obtenido a partir del edificio objeto que se define con su misma forma, tamaño, orientación, zonificación interior, uso de cada espacio, e iguales obstáculos, y unas soluciones constructivas con parámetros característicos iguales a los establecidos en el Apéndice D”

(C.T.E 2013, p.22).

been predicted.

Consequently, some standards and energy stamps are created at a European level which go beyond the energy requirements of the regulations, bringing the construction of new buildings and the renovations closer to NZEB. These are the Passivhaus y EnerPHit, SUSTAINCO y ALPHOUSE certificates.

- **National regulations. Código Técnico de Edificación.**

In the case of Spain, the section regarding energy demands is developed by the CTE, which was issued in 2006 and was revised in 2013 through the Royal Decree 235/2013. In this revised version, thanks to the inclusion of the HE0 section, primary energy demand limits are set for new buildings for the first time. This has improved considerably the consumption of buildings. On the other hand, the requirements of the thermal envelope depend on the climate zone. The concept of “model building” is introduced, which is defined this way:

Los parámetros que se exigen en el apéndice D para el clima C1, correspondiente al clima que se elabora este trabajo, son los siguientes:

The appendix D sets the parameters required for the climate type C1, which is the one involved in this research. They are the following ones:

D.2.9 ZONA CLIMÁTICA C1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Llim}: 0,37$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5	-	-	-	0,42	-	0,46

Fig. 73. Spanish regulations' thermal transmittance for conditions for C1 climate (C.T.E. 2013, p.35)

Sin embargo, existe una flexibilidad importante para las rehabilitaciones de edificios con valor histórico o arquitectónico como los caseríos. De manera que si las soluciones requeridas pudiesen *“alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto”*, existe la posibilidad de incumplimiento de la normativa (C.T.E 2013, p.3).

However, there is a significant flexibility when it comes to the retrofit of buildings with historical or architectural value, such as farmhouses. This way, if the necessary measures could *“alter unacceptably their character or aspect”*, the breach of the regulations is a permitted option (C.T.E 2013, p.3).

De todas formas, a pesar de que la normativa estatal con la actualización del 2013 ha dado un paso adelante, logrando con estas medidas de la envolvente térmica producir un ahorro de 16.28 ktep/año, mientras las mejoras de instalaciones térmicas llegan a 17.31 ktep/año y las de iluminación de 11.09 ktep/año (IDAE 2014, p.97), todavía se encuentra lejos de las pretensiones de las directivas europeas para nueva construcción y sobretodo de los estándares energéticos que pretenden llevar el patrimonio construido hacia Edificios de Consumo Casi Nulo como el EnerPHit del instituto de Passivhaus.

National regulations after the 2013 update have meant a breakthrough, since these requirements of the thermal envelope have returned energy savings of 16.28 ktoe per year, while the improvement of thermal and lighting systems reaches 17.31 and 11.09 ktoe per year respectively (IDAE 2014, p.97). However, this is still far from the aims of the European directives for new buildings and, especially, energy standards such as the EnerPHit of the Passivhaus institute, whose aim is to bring built heritage close to being Nearly Zero-Energy Buildings.

En este sentido las exigencias energéticas que deben ser impuestas para el patrimonio construido es objeto de discusión entre los más sensibles con la protección y preservación del valor patrimonial

There is an ongoing debate on the energy requirements that must be imposed to the built heritage, which confronts the most sensitive to the protection and preservation of the heritage value with the advocates of the reduction of environmental

y con los defensores de la reducción del impacto ambiental.

4.5.4.1. Tendencias de las exigencias energéticas del parque edificado

Las medidas Europeas se basan generalmente en los valores de aislamiento adecuados que sirven para que los usuarios consigan ahorros significativos y para acercarse a los objetivos acordados por Europa: reducir en un 80% la emisión de los gases del efecto invernadero y 85% el consumo de energía en los edificios para 2050 (Comisión Europea 2011, p.3).

En este sentido teniendo en cuenta que las rehabilitaciones son posibilidades que surgen para mejorar las características de los edificios cada treinta años, es necesario para estos casos establecer de modo correcto los niveles de demanda de eficiencia para sacar beneficio a la reducción de coste y consumo potencial de estos ciclos. De hecho, se debe tener en cuenta que los edificios que se utilizarán en 2050 se construirán y se rehabilitarán entre 2010 y 2020.

De esta forma existen dos perspectivas generalizadas que entienden de distinta manera el grado de intervención para la rehabilitación energética del patrimonio construido.

· Hacia Edificios de Consumo Casi Nulo.

Tal y como se ha expuesto existen programas, estándares y certificados que impulsan intervenciones que transformen los edificios existentes en Edificios de Consumo Casi Nulo con el objetivo de acercarlos a las pretensiones de las directivas internacionales para 2030.

Así, definen las características de la intervención como el nivel de aislamiento y el grado de estanqueidad que proporcionarán un rendimiento energético casi nulo del edificio. Como ejemplo, el instituto alemán Passivhaus en su certificado

impact.

4.5.4.1. Tendencias of the energy requirements of the built stock

European measures are based mainly on adequate insulation values which help users obtain significant savings and are suitable to get closer to the goals agreed by Europe: a 80% reduction in greenhouse gas emissions and a 85% reduction in buildings' energy use by 2050 (European Commission 2011, p.3).

Taking into account that the retrofit is a possibility to improve the features of buildings every thirty years, it is necessary to establish efficiency demand levels correctly in order to take advantage of the potential cost and consumption reduction of these cycles. The fact that most of the buildings that will be used in 2050 will have been built and refurbished between 2010 and 2020 has to be taken into consideration.

There are two main perspectives on the degree of intervention in the restoration of the built heritage.

· Towards Nearly Zero-Energy Buildings

As it has been mentioned before, there are programmes, standards and certificates that promote interventions that turn existing buildings into Nearly Zero-Energy Buildings in order to bring them closer to the aims of international directives by 2030.

They determine characteristics of the intervention such as the level of insulation or the degree of air tightness, which will bring the energy consumption of the building close to nothing. For example, the German institute Passivhaus requires a heating and cooling energy demand lower than 25 kWh/m²/year, and an air change rate of 50 Pa an hour (Passivhaus Institut 2013).

On the other hand, these interventions have some shortcomings due to the thermal requirements of

EnerPhit exige una demanda de calefacción y refrigeración menor que 15 kWh/m²/año y una estanqueidad de una renovación de aire por hora a 50 Pa (Passivhaus Institut 2013).

Sin embargo estas intervenciones conllevan ciertas deficiencias por las exigencias térmicas del paramento. El certificado demanda una transmitancia térmica de 0,15 W/m²K cuando se aísla por el exterior y 0,35 W/m²K independientemente de las características propias de la envolvente. En el ejemplo de los caseríos la transmitancia del muro de piedra exterior es de 1,5 - 1,7 W/m²K, por lo que se requieren otros 25 cm de aislamiento para llegar a los niveles exigidos. De manera que el requerimiento de la transmitancia conlleva la alteración arquitectónica del inmueble que va de la mano del impacto patrimonial, la pérdida de espacio útil -en el caso de aislarlo por la cara interna-, además de un esfuerzo económico que se aleja de la capacidad de los *baserritarras* y una complejidad de la ejecución que pone en duda su implantación.

the walls. The certificate demands an U-Value of 0.15 W/m²K when the wall is insulated externally, and 0.35 W/m²K regardless of the characteristics of the thermal envelope. In the case of the farmhouse, the external stone walls' U-Value ranges between 1.5-1.7 W/m²K, hence the need of another 25 cm of extra insulation in order to reach the required levels. Therefore, these insulation requirements involve the architectural alteration of the building, which at the same time means an impact on the heritage, a loss of space when the insulation is placed on the inner face, apart from an economic effort that the farmers cannot afford and a complexity during the execution of the works that question the suitability of this option.

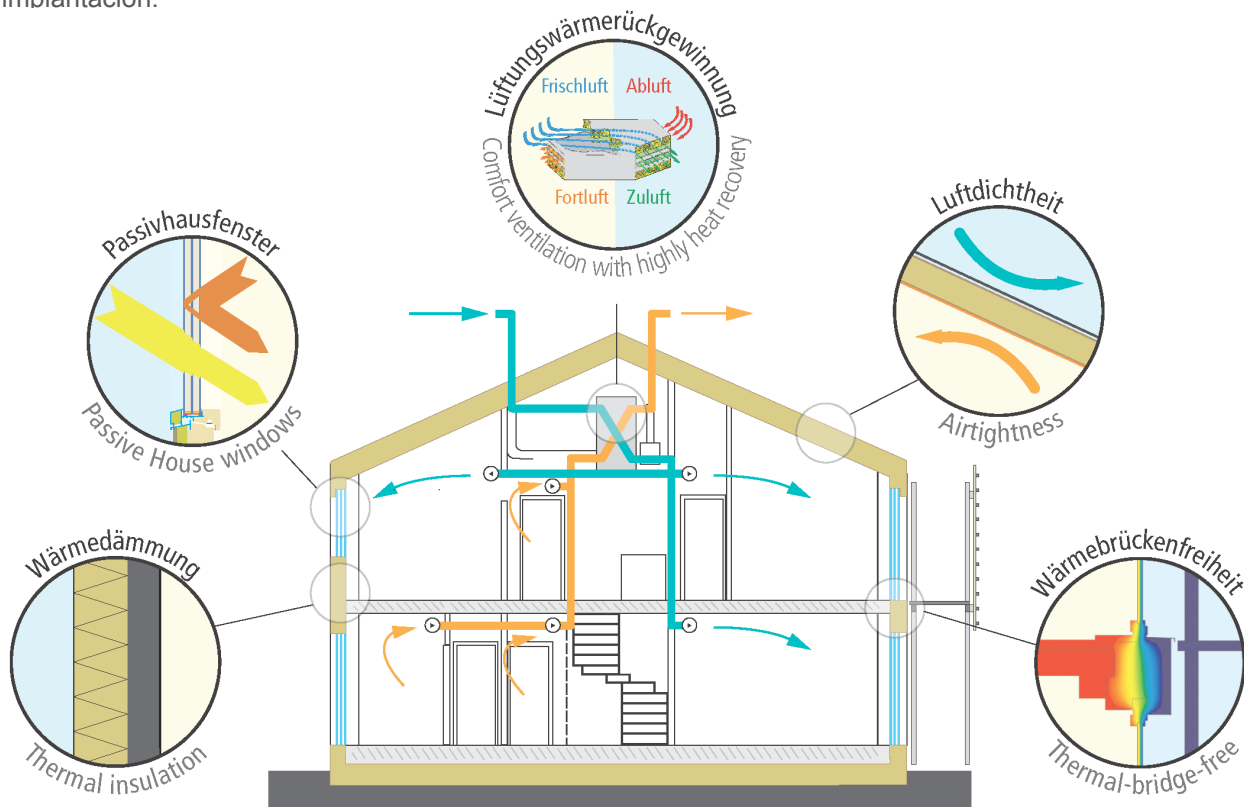


Fig. 74. Passivhaus concept (Passivhaus Institut 2015)

· Intervenciones de Coste Optimizado.

La otra perspectiva para acotar las exigencias en el patrimonio construido se aleja de los rendimientos energéticamente tan eficientes y se acerca al rendimiento económico óptimo de la intervención. Se entiende que la transmitancia de la envolvente térmica de los edificios, junto con otras características, se deben situar cuanto antes cerca del coste óptimo, siguiendo lo planteado en la directiva EPBD y lo demostrado en el libro “*Energy Efficiency solutions for historic buildings*”, de 3encult, (3encult 2015, p.174) o en diversos estudios como “*U-Values for better energy performance of buildings*” realizado por Ecofys (Eurima 2007). Se considera un primer paso que se dirige hacia la comodidad, la salubridad y los principios como la sostenibilidad de la construcción junto hacia los estándares de Energía Casi Nulo.

Estos estudios parten de la inversión económica requerida por cada sección de aislamiento y contrastan con el rendimiento energético y ahorro económico producido entre los próximos 30 y 40 años. Así se acota un rango de la transmitancia térmica que se entiende que es la más efectiva.

Sin embargo entre distintos estudios existen una variación para este rango efectivo, pero el estudio

· Cost Optimal Interventions

The other perspective which seeks to delimit the requirements of the built heritage takes an approach which focuses more on the optimum cost effectiveness of the intervention rather than on so energetically efficient performances. It considers that the U-Value of the thermal envelope of the buildings, together with other characteristics, should be within the optimum cost as soon as possible. This idea goes along the idea put forward by the EPBD directive and with what was proved in the book “*Energy Efficiency solutions for historic buildings*”, by 3encult, (3encult 2015, p.174) or several studies such as “*U-Values for better energy performance of buildings*” carried out by Ecofys (Eurima 2007). It is regarded as a first step towards comfort, health and hygiene, and principles such as the sustainability of the construction, as well as a first step towards the Nearly Zero-Energy standards.

These studies take the economic investment required by each insulation section as a starting point and then they contrast it with the energy performance and the economic savings taking place between the following 30 and 40 years. This way, it is possible to delimit a range of U-Values that is considered to be the most effective.

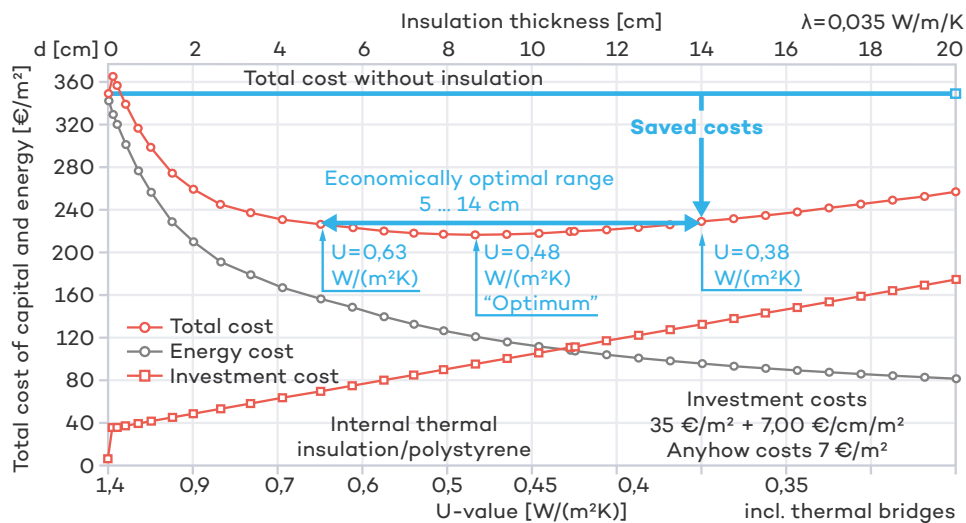


Fig. 75. Cost Optimal intervention range (3ENCULT 2015, p.30)

de 3ENCULT y ECOFYS coinciden en que la U óptima ronda 0,40 W/m²K. El estudio de Ecofys es más exigente y acota entre 0,40 y 0,25 W/m²K.

Despite the variation of this effective range between different studies, the one carried out by 3ENCULT and ECOFYS agree that the optimum U-Value is close to 0.40 W/m²K. The study by the latter is stricter, setting the value between 0.40 and 0.25 W/m²K.

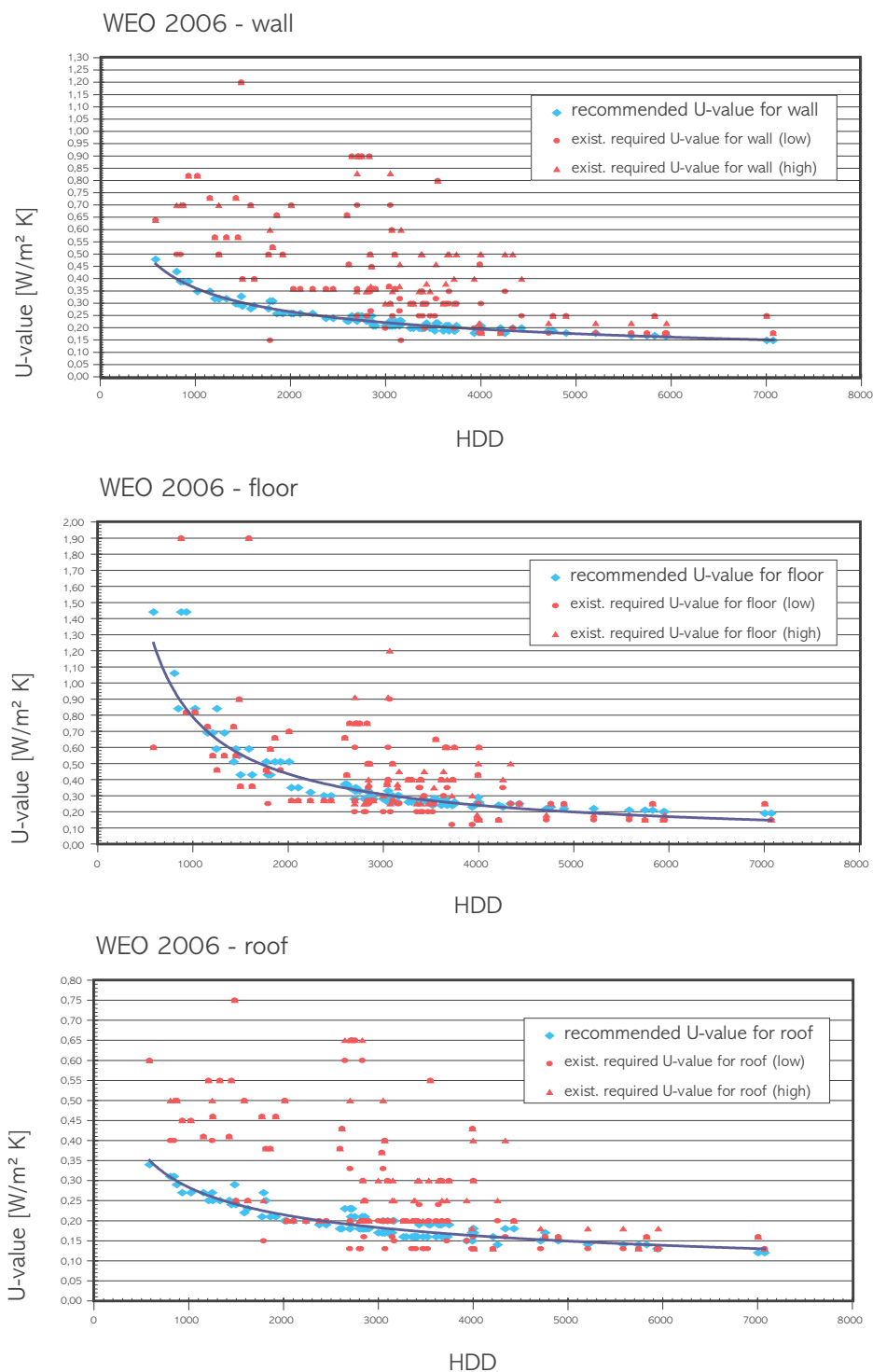


Fig. 76. Best U-values for constructive elements depending in HDD (EURIMA 2007a, p.58-59)

4.5.4.2. Lectura de las exigencias de transmitancia térmica de la envolvente.

A continuación, se presentan los diferentes niveles de eficiencia de los edificios que han aflorado en el contexto analizado en el apéndice 13.1 ubicados en la gráfica de los valores de transmitancia de coste-efectividad del documento de EURIMA (EURIMA 2007, p.8)

4.5.4.2. Interpretations of the U-Value requirements of the thermal envelope

Below, different levels of efficiency that have come up in the context described in the appendix 13.1 are presented in a chart which considers U-Values and cost-effectiveness of EURIMA's document (EURIMA 2007, p.8).

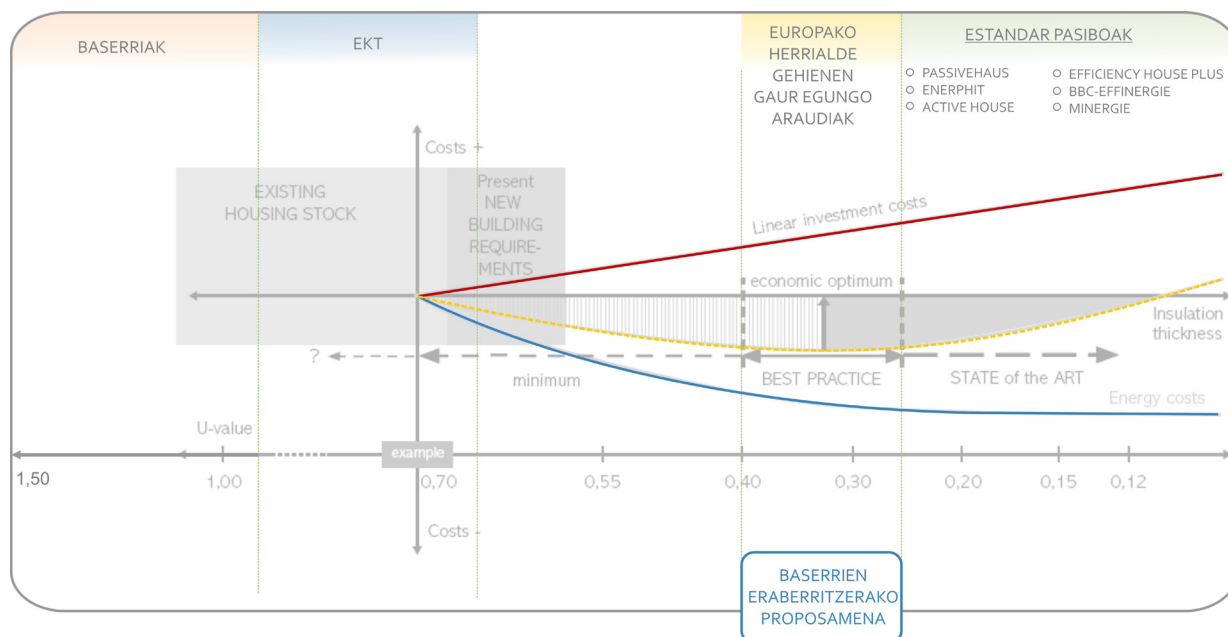


Fig. 77. Spanish and European regulations' and standards' and baserris original thermal transmittance

Se aprecia que los caseríos y la normativa estatal actualmente se encuentran lejos de los requerimientos de la envolvente. En los países que son referentes en la eficiencia de energía el objetivo que estaba fijado para 2020 lo están adelantando a 2015, es decir, a los edificios nuevos se les pedirá ser de consumo casi nulo. En los países que ya han realizado la transposición de la Directiva Europea a partir de 2010 se exigen reducciones de un 40-60%, comparando con lo que se demandaba hasta ahora en las normativas a nivel estatal proveniente de la Directiva Europea (EPBD)2002/91/CE. De manera que un salto en la reducción de la demanda del parque edificado es necesario.

According to this, farmhouses and national regulations are currently far from the requirements of the thermal envelope. Countries which are the vanguard of energy efficiency have brought forward the goals for 2020 to 2015, which means that new constructions will be required to be nearly zero-energy buildings. Countries that have already implemented the European Directive demand reductions of 40-60% in comparison with what has been required up to now in national regulations (coming from the European Directive (EPBD) 2002/91/CE). Therefore, a drastic reduction in the energy demand of the built stock is necessary.

Sin embargo existen otras estrategias energéticas que disminuyen la demanda y que no se contemplan en las normativas y certificados. La intervención a través de la incorporación de aislamiento en la envolvente además de alterar el patrimonio, no es la única estrategia eficiente energéticamente.

4.5.5. Estrategias energéticas principales en la rehabilitación

Los edificios existentes en términos energéticos tienen la peculiaridad de que intrínsecamente tienen un comportamiento energético concreto, debido a su forma, huecos, características de los materiales, orientación, emplazamiento o incluso uso de los espacios. Por lo que cada edificio se comporta de distinta forma.

Así partiendo de esta base se pueden generalizar cuatro estrategias principales de intervención energéticamente eficientes:

4.5.5.1. Mejora de transmitancia térmica de la envolvente

Los materiales de la envolvente son los que determinan la manera de interactuar que tiene un edificio con el entorno climático. De forma que la capacidad de transmitir el calor de un elemento constructivo es un factor que altera el comportamiento higrotérmico de una construcción. Así cuanto menor sea la transmitancia térmica o el valor U, menor es el paso de energía a través del material y por lo tanto mejor aislado estarán los espacios internos de las condiciones externas y la demanda energética requerida para que estas zonas estén en confort higrotérmico será menor. La transmitancia térmica se mide en W/m^2K .

La mejora de este valor suele ser la herramienta habitual de las normativas y certificado para la rehabilitación energética de edificios existentes, debido a la eficacia de la actuación. Pero no siempre es la intervención más apropiada, sobre todo para

However, there are other energy strategies that can reduce the demand but are not considered by the regulations and certificates. The intervention that consists in the addition of insulation to the thermal envelope, apart from altering the heritage, is not the only energetically efficient strategy.

4.5.5. Main energy strategies in restoration

When it comes to energy, the existing buildings have a specific intrinsic performance due to their shape, openings, characteristics of the materials, orientation, location or even the use of the spaces. That is why each building's performance is different.

Taking this into account, four main energetically efficient intervention strategies can be established:

4.5.5.1. Improvement of the U-Value of the thermal envelope

The interaction between a building and its climatic environment depends on the materials that comprise the thermal envelope. The capacity of a structural element to conduct heat is a factor which alters the hygrothermal performance of a construction. Therefore, the lower the U-Value is, the lower the energy flow through the material is, so the inner spaces will be better insulated from external weather conditions and the energy demand to keep hygrothermal comfort levels in these spaces will be lower. The U-Value is measured in W/m^2K .

The improvement of this value tends to be the common tool used by regulations and certificates in the restoration of existing buildings, due to the effectiveness of the intervention. However, it is not always the most suitable type of intervention, especially on buildings of significant cultural value. Moreover, the thickness of the insulation has to be the hydrological performance of each type of thermal envelope in order to avoid moisture concentrations and interstitial or superficial condensations (Zencult 2015, p.177).

las construcciones con un valor cultural importante. Además se añade que el espesor de aislamiento se debe adecuar al comportamiento hídrico adecuado de cada tipo de envolvente para evitar concentraciones de humedad o condensaciones intersticiales o superficiales. (3encult 2015, p.177).

4.5.5.2. La capacidad térmica para la envolvente.

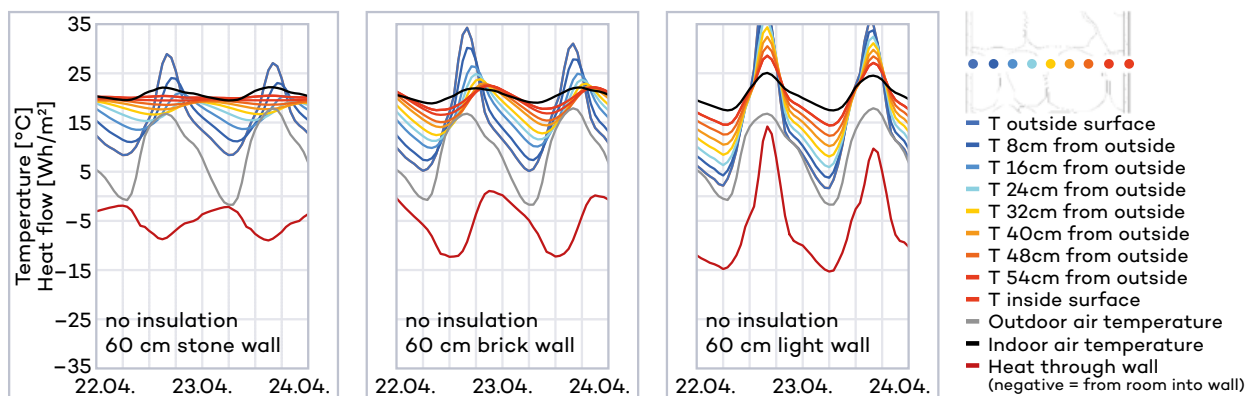
Por otro lado, los materiales constructivos también tienen la capacidad de almacenar la energía. Este valor denominado masa térmica, proporciona una inercia térmica al edificio que posibilita amortiguar los picos externos manteniendo las condiciones térmicas internas más templadas y con menos oscilaciones. Los materiales con alta conductividad, densidad y calor específico como muros de agua, hormigón, cerámica o el adobe son ejemplos de elementos con gran capacidad térmica.

Resulta que los materiales tradicionales de construcciones existentes suelen ser de éste tipo, de manera que en algunas fachadas que disfrutan con una orientación con aporte solar significativo es posible que no aislarlo pueda significar una mejora de rendimiento energético. En el caso de los caseríos en concreto, la inercia de los muros de piedra es la estrategia utilizada para adaptarse al entorno climático.

4.5.5.2. Thermal capacity of the thermal envelope

On the other hand, structural materials also have the capacity to store energy. This value, which is called thermal mass, provides the building with thermal inertia to soften external extreme conditions by keeping internal thermal conditions warmer and with fewer oscillations. Materials that have high conductivity, density and specific heat such as water walls, concrete, ceramic elements and adobe are some examples of elements with a high thermal capacity.

It turns out that the traditional materials of the existing buildings are usually of this type, so leaving façades that have significant solar gains due to their orientation without insulation might involve an improvement in the energy performance of the building. In the specific case of farmhouses, their stone walls are used as the strategy to adapt to the climatic environment thanks to the thermal inertia they provide.



4.5.5.3. Ganancias solares

Otra estrategia energética pasiva es el aporte de calor proveniente del sol a través de huecos. En el clima vasco el aporte anual por la radiación solar directa total máxima es de 804 W/m² y la difusa 559 W/m². Por lo tanto las ganancias son una variable útil para reducir la demanda de calefacción, además de la lumínica debido a la luz natural proporcionada por el hueco. Sin embargo al mismo puede causar sobrecalentamiento en condiciones más desfavorables de verano, de modo que el control solar en este tipo de estrategias es necesario.

Esta estrategia como mejora de envolvente, significa una alteración importante del patrimonio construido que además es **irreversible**.

4.5.5.4. Estanqueidad al aire de la intervención

La estanqueidad al aire de la intervención es aún objeto de discusión entre los expertos. Pues es un parámetro fundamental para garantizar los consumos tan pequeños de acondicionamiento en los Edificios de Consumo Casi Nulo donde la ventilación mecánica funciona de forma eficaz. En estos casos se exige que la envolvente garantice unas filtraciones de aire no superiores a una renovación de aire por hora a 50 Pa, lo cual en muchas construcciones tradicionales como es el caso de los caseríos exige importantes esfuerzos técnicos y económicos.

El grado de estanqueidad se calcula a través de tests que se realizan in situ llamados *blower test*, donde los espacios acondicionados se someten a una presión de 50 Pa y se valora el volumen de aire filtrado hacia el exterior. Se le debe prestar especial atención a las estructuras de madera que se empotran en el muro exterior cuando se instala el aislamiento por el interior, pues las fendas de las vigas y pilares suelen ser focos de filtración de aire. De manera que en construcciones tradicionales de este tipo conlleva gran dificultad conseguir una

4.5.5.3. Solar gains

Another passive energy strategy consists in taking advantage of the heat coming from the sun through the openings. The maximum total annual contribution in the Basque climate through direct solar radiation is 804 W/m², whereas this figure is 559 W/m² when it comes to diffuse radiation. Therefore, solar gains can be a useful variable to reduce not only heating demand, but also lighting demand due to the natural light provided by the openings. However, internal spaces might get too hot in the most unfavourable summer conditions, making solar control necessary for this strategy.

Opting for this strategy as the way to improve the thermal envelope involves a considerable alteration of the built heritage which is **irreversible**.

4.5.5.4. Air tightness of the intervention

The air tightness of the intervention is still object of debate among experts, considering that it is a fundamental parameter in order to achieve the low heating consumption characteristic of Nearly Zero-Energy Buildings, in which mechanical ventilation works so efficiently. In these cases, the thermal envelope is required to allow air filtration not higher than a rate of one air change per hour at 50 Pa, which in many traditional buildings such as the farmhouse means making a considerable technical and economic effort.

The degree of tightness is measured with some in situ testing, called *blower test*, in which the spaces that are heated are subjected to a pressure of 50 Pa, and then the volume of air that has seeped out of the building is calculated. Wooden structures that are embedded in the external wall require special attention when they are insulated from the inside, since the cracks in columns and beams are the source of many air filtrations. Therefore, achieving a completely airtight thermal envelope is very difficult in such traditional buildings (3encult 2015, p.140).

envolvente perfectamente estanca (Zencult 2015, p.140).

4.5.5.5. El uso como estrategia no destructiva y reversible

El uso del edificio es de importancia particular en la preservación del patrimonio construido. Los nuevos requisitos de confort y de protección medio ambiental suelen requerir la disminución del consumo energético de construcciones tradicionales y la utilidad que se le otorga a cada espacio es el fundamento base de este consumo (Helbig, Wedebrunn et al. 2014).

La adaptación de un nuevo escenario de uso en edificios existentes es además de una estrategia reversible, eficaz por dos motivos principales que se exponen a continuación. Y es que todavía a día de hoy se desconoce con certeza el papel del factor humano en la demanda energética de un edificio (Kathryn B. Janda 2011).

- **El uso como clave de la demanda energética.** La demanda de calefacción depende fundamentalmente de la energía necesitada para conseguir el nivel de confort interior específico para cada uso. Éste al mismo tiempo depende de la temperatura de la consigna y del tiempo requerido. De manera que dependiendo de carácter funcional del edificio los requisitos higrotérmicos y por lo tanto la demanda energética variarán de forma considerable.

En ese sentido, se entiende que el uso es la primera estrategia y la más importante a la hora de acotar la actuación energética, pues es una estrategia no destructiva que no afecta al conjunto construido. El hecho de conocer el comportamiento previo de cada estancia y adaptar el nuevo uso a esta configuración va disminuir de manera notable la demanda energética. De modo que si la adaptación se fundamenta en base a criterios energéticos la nueva demanda del edificio se reducirá de forma

4.5.5.5. The use of the building as a non destructive and reversible strategy

The use of the building has an especially important role in the preservation of the built heritage. The new comfort and environmental protection requirements demand a reduction in the energy consumption of traditional buildings, and this consumption depends fundamentally on the use each space is given (Helbig, Wedebrunn et al. 2014).

Besides, the adaptation of existing buildings to a new user scenario is a reversible strategy, which is efficient for two main reasons that will be explained later on. Nowadays, the role of the human factor in the energy demand of a building is still unknown (Kathryn B. Janda 2011).

- **The use of the building as the key to energy demand.** Heating demands depend mainly on the energy needed to reach specific internal comfort levels for each use, which is subject to the temperature of the set point and the time required. Therefore, hygrothermal requirements and hence, energy demands will vary considerably depending on the function of the building.

Taking this into account, the use of the building is regarded as the first and most important strategy when designing the energy intervention, since it is a non destructive strategy that does not affect the buildings. Just by knowing the previous performance of each of the rooms and adapting the new use to this original setting will decrease energy demands significantly. So as long as the adaptation is based on energy criteria, the new energy demands of the building will be reduced in an efficient way.

- **The use of the building as the centre of heat generation.** The use of the building defines not only hygrothermal requirements, but also the internal gains that can be obtained through the occupancy of each room. High occupancy rooms will need a lower heating

eficiente.

- **El uso como foco de generación de calor.** Además el uso aparte de determinar los requisitos higrotérmicos, también define el aporte de ganancia interna por ocupación de cada estancia. Así, los espacios con alta ocupación requerirán menos demanda de calefacción en invierno aunque puedan tener sobrecalentamiento en verano. Pues este valor para escenarios como el del caserío es fundamental, debido a que su comportamiento bioclimático se basa en el aporte de los animales en el establo.

En este sentido, cabe destacar que el propio Documento Básico HE sobre Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación recoge en el apéndice C los distintos perfiles de uso diferenciando las temperaturas de consigna para distintos usos y el valor de su ocupación (C.T.E 2013, p.29-31).

Esta tesis doctoral cuantifica el potencial energético del uso.

4.5.5.6. Otras estrategias bioclimáticas

Para terminar cabe señalar que existen otras estrategias que mejoran el rendimiento energético de una edificación. Los diseños pasivos como el muro trombe, muros de agua o invernaderos son estrategias que proporcionan una optimización del aporte solar que concluyen en una reducción de la demanda de calefacción. Los pozos canadienses u obstáculos solares entre otros también son de destacar mencionar.

4.5.6. Conclusión de las estrategias

La variedad de las estrategias posibilita otro tipo de actuaciones que se alejan de la mera delimitación del grado de aislamiento de la envolvente térmica. Es posible acercarse a los objetivos de las directivas de otra forma, en el cual el uso del

demand in winter, even though they might become overheated in summer. This aspect is essential in such scenarios as farmhouses, since their bioclimatic performance is based on the heat contribution made by the animals in the stable.

It is worth pointing out that the appendix C of the Documento Básico HE sobre Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación describes the different use profiles, establishing different set-point temperatures for different uses and the value of their occupancy (C.T.E 2013, p.29-31).

This research work also quantifies the energy potential of the use of the building.

4.5.5.6. Other bioclimatic strategies

Finally, it must be mentioned that there are other strategies that enhance the energy performance of a building. Passive designs such as Trombe walls, water walls or greenhouses are strategies that optimize solar gains, which results in a reduction in the heating demand. Underground ventilation systems and solar shades, among others, are also systems worth mentioning.

4.5.6. Conclusion regarding the strategies

The wide range of strategies opens the way to other type of interventions that avoid merely limiting the degree of insulation of the thermal envelope. There is another way to get close to the goals set by European directives, a way in which the potential shown by use of the building can vary significantly energy demands.

Besides, when it comes to energy, each structural

edificio puede mostrar un potencial que varíe de manera considerable la demanda energética.

Además en términos energéticos cada elemento construido se comporta distinta manera dependiendo en su forma, envergadura y características de sus elementos constructivos además de en su ubicación, orientación y uso (3encult 2015, p.86). Por lo tanto cada caserío, como cualquier patrimonio construido, es un caso único que se debe analizar uno a uno para que la adaptación sea la más equilibrada y sensible posible.

De esta forma, la influencia de las estrategias energéticas en cada edificio también variará por lo cual se deben amoldar las estrategias a las características propias del edificio. En el siguiente gráfico se muestra el ejemplo de Hotting Secondary School, Innsbruck, donde se compara la eficiencia de distintas estrategias. Entre ellas se comprueba que aislando sólo los elementos horizontales y dejando el muro exterior visto, se reduce la demanda energética, debido a la inercia térmica de la propia construcción.

element has a different performance depending on its shape, size and characteristics of its structural elements, as well as on its location, orientation and use (3encult 2015, p.86). Therefore, each farmhouse, like any built heritage, is a unique case which must be analyzed individually so that the adaptation is as balanced and sensitive as possible.

This way, the influence of the strategies on each building will vary as well, so the strategies must be adapted to the own characteristics of the building. The following chart shows the example of Hotting Secondary School, Innsbruck, which provides a comparison between the efficiency of different strategies. The results demonstrate that the energy demand is reduced just by insulating horizontal elements and leaving the external wall exposed, due to the construction's own thermal inertia.

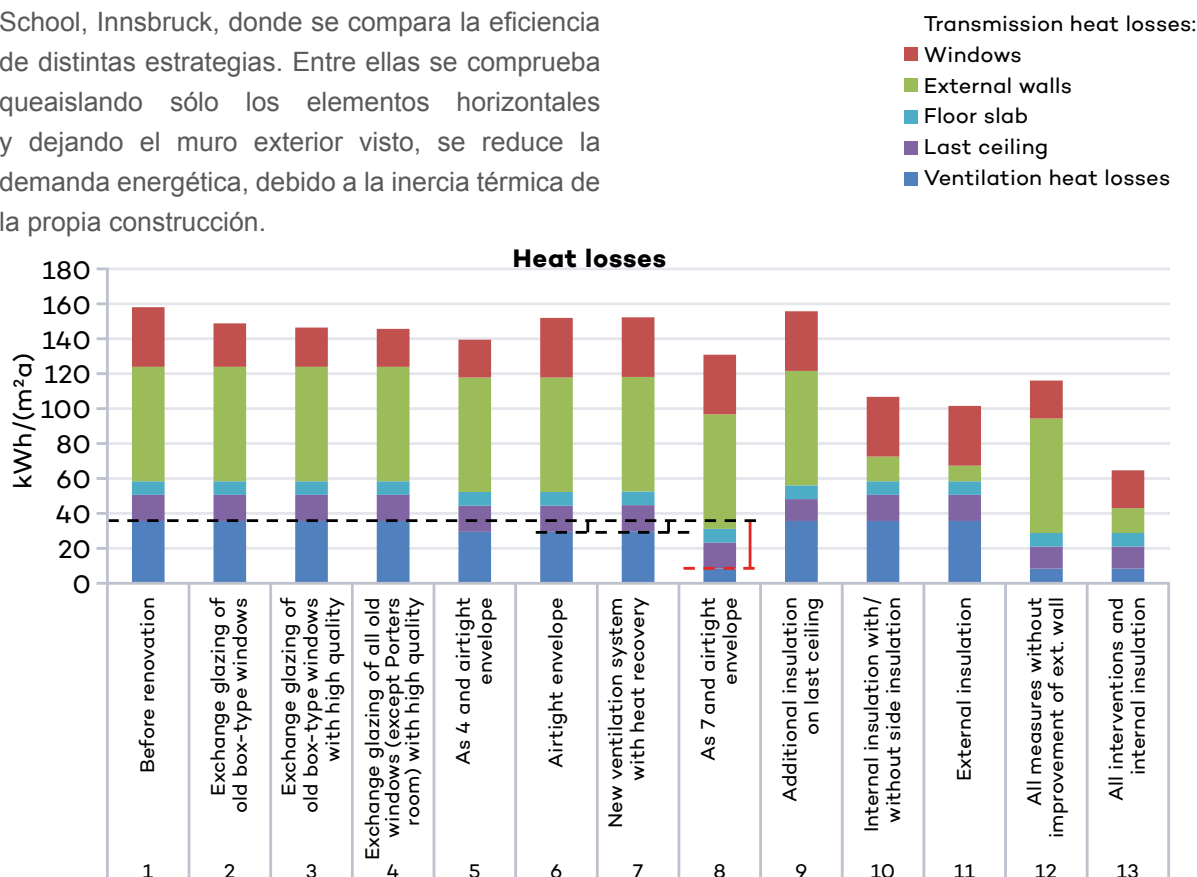


Fig. 79. Comparison of heat losses during heating period for different refurbishment strategies; Hotting Secondary School, Innsbruck (3NCULT 2015, p.191)

4.5.6.1. Necesidad de una mayor flexibilidad

Por lo tanto se concluye que la rehabilitación energética del patrimonio construido necesita flexibilidad a la hora de acotar la intervención. Se debe permitir trabajar caso a caso, posibilitando determinar distintas estrategias que reduzcan la demanda energética y por lo tanto, las emisiones CO₂. Al final, por encima de todo, este es el objetivo final de las Directivas Europeas.

Se debe ir más allá de una delimitación de la transmitancia y entender la situación desde un enfoque más amplio que acoja el carácter socioeconómico y el valor patrimonial junto al impacto medioambiental. metodología de la experimentación.

4.5.6.1. Need of greater flexibility

One of the conclusions that can be drawn is that the restoration of the built heritage needs flexibility when defining the intervention. Working on each case individually must be allowed, which makes it possible to design different strategies that reduce energy demands and, hence, CO₂ emissions. In the end, this is above all the ultimate goal of the European Directives.

It is necessary to do more than just setting U-Values and to understand the situation from a wider perspective that considers the socioeconomic character and the heritage value together with the environmental impact.

5. CONCEPTO Y METODOLOGÍA DE LA EXPERIMENTACIÓN

5. CONCEPT AND METHODOLOGY OF THE EXPERIMENTATION

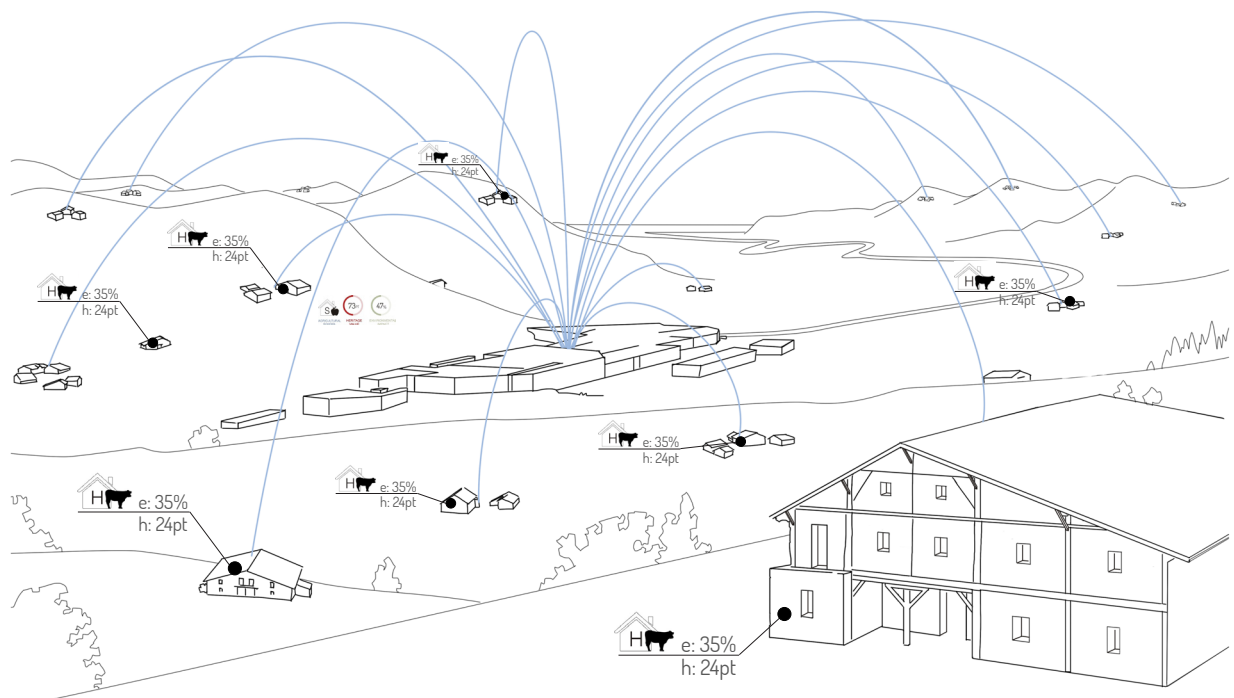


Fig. 80. Territorial view proposal

La situación actual del caserío exige cambios de mentalidad de todos los agentes además de un empuje social contundente que deje atrás más de un siglo de deterioro. Esta adaptación es una oportunidad única para reactivar de forma respetuosa este patrimonio cultural y así garantizar su preservación longeva y sostenible.

5.1. CONCEPTO DE LA NUEVA ADAPTACIÓN DEL CASERÍO

La adaptación del caserío vasco debe partir desde una perspectiva territorial que contemple las claves expuestas en el previo apartado: sostenibilidad socioeconómica y medioambiental y la conservación de valores patrimoniales.

The current situation calls for a change in mindset of all the parts involved besides a major social boost to leave over one hundred years of deterioration behind. This adaptation represents a unique opportunity to bring this cultural heritage up to date in a sensitive way and guarantee a long-lasting and sustainable preservation.

5.1. CONCEPT OF THE NEW ADAPTATION OF THE FARMHOUSE

The adaptation of the Basque farmhouse must come from a region-wide point of view which is divided into the three keys explained in the previous section: socioeconomic, heritage and energy.

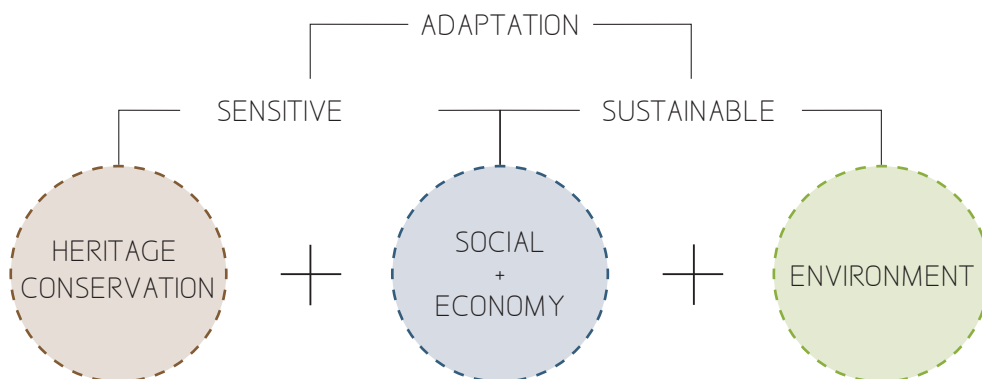


Fig. 81. The keys for sustainable and sensitive adaptation of built heritage

Se plantea entender los caseríos como **un conjunto de elementos contruidos de gran valor patrimonial que es capaz de albergar distintas funciones territoriales y que requiere una específica cantidad de energía para mantenerse.**

- **Valor patrimonial.** El valor patrimonial de un caserío está ligado a sus características culturales intrínsecas y como el interés del mismo es universal,

The concept suggests understanding farmhouses as **a set of built elements with a great heritage value that requires a certain amount of energy for its maintenance and which is capable of hosting a range of functions within the territory.**

- **Heritage value.** The heritage value of a farmhouse is linked to its intrinsic cultural characteristics, so not only must the adaptation respect it, but also enhance it as it is of universal interest.

esta nueva adaptación no sólo debe respetarlo, sino que debe ponerlo en valor.

- **Función territorial.** Tal y como se ha expuesto en el previo apartado, existen nuevas alternativas de uso que están integradas dentro de los Planes de Desarrollo Rural del País Vasco y que garantizan una función territorial estable y sostenible para el caserío. Éstas están vinculadas a distintos ámbitos económicos y sociales, como el turismo y la hostelería, explotaciones de productos de sector primario, a la formación y difusión y al uso puramente residencial. Por lo tanto se propone entender el caserío como un nodo multifuncional capaz de albergar estas alternativas de uso.
- **Huella medioambiental.** La huella medioambiental producida por los edificios está vinculada sobre todo a la demanda energética del edificio. De manera que si esta adaptación sostenible se analiza desde una perspectiva territorial, la huella medioambiental a considerar se fundamentará en la demanda energética del conjunto de los caseríos. Por lo tanto el objetivo medioambiental es reducir el impacto general del territorio a los niveles que se exigen desde Europa.

Por ello, se crea la figura del *caserío de referencia* que corresponde al caserío en su estado arquitectónico actual y en su función tradicional -como sistema de explotación agroganadera y vivienda- pero adaptando las zonas habitadas a las exigencias de confort modernas.

- **Function within the territory.** As it has been explained in the previous section, there are new use alternatives that are integrated into the Plans of Rural Development of the Basque Country that guarantee a stable and sustainable function of the farmhouse within the region. These uses are related to different economic and social fields, such as tourism and the hotel industry, exploitations of first sector products, training and education, or an exclusively residential use. For this reason it is proposed to understand the farmhouses as multifunctional nodes able to house these user alternatives.
- **Ecological footprint.** The ecological footprint of a building is closely related to its energy demand. Therefore, if the sustainable adaptation is approached from a region-wide perspective, the ecological footprint to be taken into account will depend on the energy demand belonging to the whole group of farmhouses. So the aim environment-wise is the reduction of the global impact of the region to the levels that are demanded in Europe.

That is why a *reference farmhouse* is created. This corresponds to the farmhouse in its current architectural state and traditional function, that is, a system that combines farming and husbandry exploitation with housing, whose spaces with occupation have been adapted to present requirements of comfort levels.

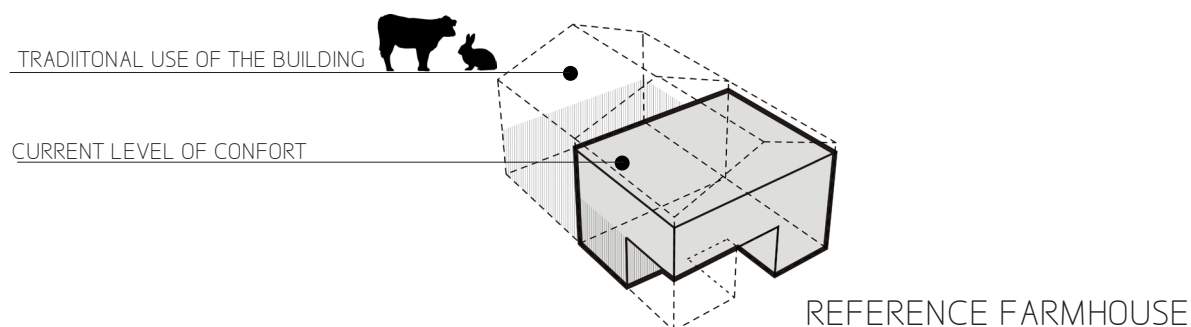


Fig. 83. reference farmahouse's characteristics

Esta suposición permite entender el territorio actual desde un marco energético que se fundamenta en valores de demanda absolutos (kWh/año), evitando así los rendimientos energéticos que dependen de la superficie calefactada (kWh/m²año). Así se proporciona la posibilidad de detectar las estrategias de intervención medioambientalmente más adecuadas. Por ejemplo, si un *baserri* se adapta a alguna de las nuevas alternativas de uso, su demanda energética anual variará, alterando así la huella medioambiental del territorio producida por este patrimonio. De manera que la intervención necesaria también dependerá del uso del edificio.

Por lo tanto, con el objetivo de que esta nueva adaptación de los caseríos se integre en los objetivos Europeos para 2030, el requerimiento de un 27% de ahorro energético se aplica sobre la demanda total del *caserío de referencia*.

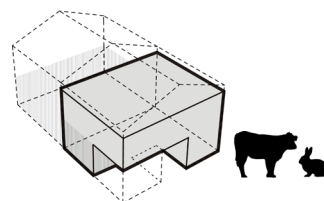
This assumption allows understanding the current territory within an energy framework with absolute values (kWh/year), avoiding the energy efficiency based on the buidling heated surfaces (kWh/m²year). In this way it is possible to identify the most environmentally suitable intervention strategies. For instance, if a farmhouse is adapted to one of the new use alternatives, its annual energy demand will vary, changing the ecological footprint produced by this heritage in the territory. This estrategy also provides that the intervention depends on the use of the building.

Therefore, in order to meet the European objectives for 2030, the requirement of a 27% energy saving is applied to the total demand of the "reference farmhouse".

ENVIRONMENTAL TARGET

27%
ENERGY SAVING*

ENVIRONMENT



*based on the energy demand of reference farmhouse

Fig. 82. Environmental target for sustainable adaption of baseris

De esta forma, la intervención necesaria para esta adaptación dependerá principalmente de la nueva alternativa de uso del caserío.

That way, the intervention that is necessary will depend on the new use of the farmhouse.

5.1.1. Necesidad de una visión transversal

Esta nueva adaptación debe partir desde una visión transversal, que tenga en cuenta las tres claves. Las nuevas alternativas socioeconómicas conllevan nuevos escenarios de uso en el caserío. Éste probablemente tenga un potencial energético que exija distintas medidas de actuación para que se acerque a los objetivos europeos. Y al mismo tiempo, esta intervención debe ser sensible a los elementos patrimonialmente protegidos, variando así las estrategias implantadas.

Así se garantizará una adaptación sostenible e respetuosa del caserío.

5.1.1. A need for a cross-disciplinary point of view

This new adaptation must be approached from a cross-disciplinary point of view which takes the three keys into account. The new socioeconomic alternatives bring new user scenarios for the farmhouse, which probably has an energy potential that might require different measures so that it can get closer to the European objectives. And at the same time, this intervention must be sensitive to the elements which are protected due to their heritage value, which will vary the implemented strategies.

This is the way to guarantee a sustainable and sensitive adaptation of the farmhouse.

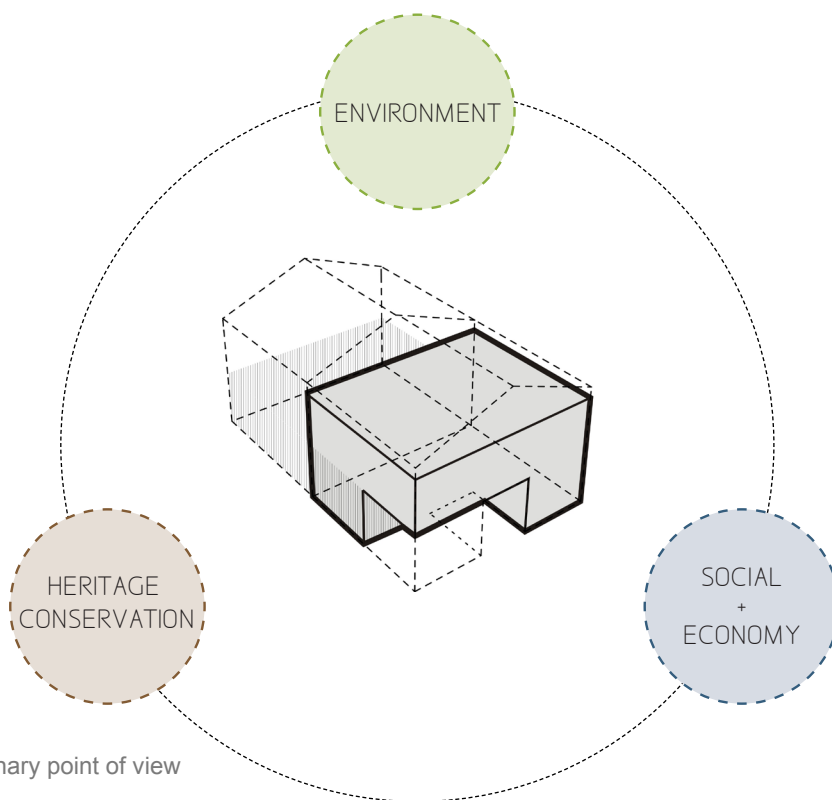


Fig. 84. Cross-disciplinary point of view

5.1.1.1. Hacia las directrices de intervención

Para conseguir ese fin se requiere un procedimiento que permita intervenir caso a caso. Un procedimiento flexible que ofrezca una lectura transversal entre el escenario de uso, el valor patrimonial y consumo energético. Éste servirá para concretar la intervención más equilibrada en términos de eficiencia energética y conservación del patrimonio y se aplicará cada vez que se vaya a rehabilitar un caserío.

5.2. OBJETO DE LA EXPERIMENTACIÓN

Esta tesis doctoral pertenece a esa vía hacia la adaptación sostenible del caserío vasco. Pretende ser parte de una mirada hacia el futuro del caserío.

El objetivo principal de esta tesis doctoral es realizar una experimentación hacia unas directrices de intervención energéticamente eficiente y sensible al patrimonio, con el fin de mostrar el camino a recorrer para garantizar una adaptación respetuosa y sostenible del caserío.

5.2.1. Experiencias previas

Desde el comienzo del siglo XXI se han publicado varios estudios sobre la rehabilitación energética, pero pocas veces se plantean desde una perspectiva respetuosa y equilibrada. Y es que los estudios llevados a cabo se han centrado sobre todo en metodologías que buscan la eficiencia energética de las actuaciones, dejando de lado la conservación del patrimonio (Montalbán 2015).

5.2.1.1. Estudios de mejora ambiental y eficiencia energética

Las instituciones por norma general se han centrado en exponer los factores que repercuten en el rendimiento energético de la edificación existente. “*Energy conservation in traditional Buildings*” de 2008 (English Heritage 2008) de parte del gobierno

5.1.1.1. Towards guidelines for intervention

In order to achieve this goal, a procedure that allows the intervention on a case by case basis is required. This procedure should be flexible and provide a cross-disciplinary understanding between the user scenario, the heritage value and energy consumption. It should be applied every time an intervention on a farmhouse is required, and it must define the guidelines for the energy intervention and heritage preservation in each of the cases.

5.2. AIM OF THE EXPERIMENTATION

This doctoral thesis is part of the process towards the sustainable adaptation of the Basque farmhouse. It intends to be part of that look into the future of the farmhouse.

The main goal of this doctoral thesis is to conduct an experiment to find guidelines for an energy-efficient and heritage-sensitive intervention with the aim of showing the way to follow to guarantee a sensitive and sustainable adaptation of the farmhouse.

5.2.1. Previous experiences

Different studies on refurbishment have been published since the beginning of the 21st century, but few times have they been approached from a sensitive and balanced point of view. In fact, the studies that have been carried out have focused mainly on methodologies that aim for the energy efficiency of the interventions (Montalbán 2015), leaving the preservation of the heritage aside.

5.2.1.1. Studies about energy efficiency and environment improving

Authorities have generally focused on setting forth the factors that have an effect on the energy performance of the existing building. “*Energy conservation in traditional Buildings*” (English

británico y el libro “*Energy Efficiency in traditional buildings*” de 2010 (Government of Ireland 2010) del gobierno irlandés son claros ejemplos.

A nivel nacional mantienen la misma esencia y se publican entre otros estudios. Las guías de IDAE “*Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios*” (IDAE 2008) en el 2008 y “*Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la rehabilitación de la envolvente térmica de los Edificios*” (IDAE 2012) de 2012 son claro ejemplos de ello. Y por lo que respecta a la Comunidad Autónoma del País Vasco, en el año 2006 se publica la “*Guía de edificación sostenible para la vivienda en la Comunidad Autónoma del País Vasco*” (EVE, IHOBE et al. 2006) que también mantiene la misma intención y expone una metodología de evaluación de la sostenibilidad de la edificación aplicable a la rehabilitación. Incluso el estudio “*Edificación y Rehabilitación ambientalmente Sostenible en Euskadi*” del año 2014 (IHOBE 2014) se ciñe al aspecto ambiental.

En este sentido, durante estos años existen otros estudios realizados por parte de instituciones privadas que merecen destacar. La Asociación Europea de Fabricantes de Aislamiento (EURIMA) publica en el año 2007 el reporte “*U-Values for better energy performance of buildings*” (Eurima 2007) analiza los espesores de aislamiento de coste optimizado y el Passive House Institute expone el estándar “*EnerPHit*” desarrollado para la rehabilitación energética.

Todos ellos entienden la rehabilitación energética desde el punto de vista energético.

5.2.1.2. Metodologías para mejora energética de edificios existentes

Sin embargo, en los últimos años se da un salto cualitativo partiendo de que cada edificio existente tiene un comportamiento energético único. Esta premisa ha llevado a varios expertos a trabajar sobre **metodologías de estudio que permiten**

Heritage 2008) by the British government and the book “*Energy Efficiency in traditional buildings*” of 2010 (Government of Ireland 2010) by the Irish government are clear examples.

This tendency is followed at a national level, where, among others, the guidelines of the IDAE “*Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios*” (IDAE 2008) were published in 2008 and four years later “*Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la rehabilitación de la envolvente térmica de los Edificios*” (IDAE 2012) came out. As for the Autonomous Community of the Basque Country, the book “*Guía de edificación sostenible para la vivienda en la Comunidad Autónoma del País Vasco*” (EVE, IHOBE et al. 2006) was published in 2006, keeping the same line and describing a methodology for the assessment of the sustainability of the building that can be applied in the refurbishment. Even the study “*Edificación y Rehabilitación ambientalmente Sostenible en Euskadi*” (IHOBE 2014) of 2014 keeps to the environmental aspect.

In this regard, there are some studies carried out by private institutions that have been carried out during these years that are worth highlighting. In 2007, the European Insulation Manufacturers Association (EURIMA) published the report “*U-Values for better energy performance of buildings*” (Eurima 2007), in which cost-efficient insulation thicknesses were analyzed. On the other hand, the Passive House Institute introduced the “*EnerPHit*” standard which was developed for the energy retrofit.

All of them understand the energy retrofit from the energy point of view.

5.2.1.2. Methodologies for the energy improvement of existing buildings.

However, there has been a qualitative leap in the last years, taking into account that each existing building has its own unique energy performance. This premise has led some experts to work on study

amoldarse a cada caso. Para ello experimentan con casos de estudios concretos, de los cuales se extrae la información necesaria para generar una simulación energética virtual calibrada. A partir de aquí se cuantifica la eficiencia de las estrategias y se adecua la intervención a los objetivos energéticos.

Esta metodología se aplica por ejemplo en el trabajo de investigación *“Architectural structure and environmental performance of the traditional buildings in Florina, NW Greece”* (Oikonomou, Bougiatioti 2011) o el estudio desarrollado por Ivan Capdevila, Elisa Linares y Ramon Folch para la fundación Gas Natural Fenosa sobre *“Eficiencia energética en la rehabilitación de edificios”* (Capdevila, Linares et al. 2012). Además las tesis doctorales de Patricia Liñares sobre la *“Rehabilitación sostenible de viviendas históricas en Santiago de Compostela”* (Liñares 2012) y de Beatriz Montalbán sobre la *“Rehabilitación sostenible de la arquitectura tradicional del valle del Jerte”* (Montalbán 2015) que se atreven a hacer frente a amplias casuísticas, también aplican esta metodología de estudio.

Todas estas investigaciones comparten la misma problemática de pretender acotar unas directrices energéticas para tipologías arquitectónicas. Estos objetos de estudio conllevan la peculiaridad de que a pesar de que se enfrenten a un tipo arquitectónico que bioclimáticamente se comporten de forma similar, **no significa que todos los edificios requieran la misma cantidad de energía.** Esto es debido a factores como la ubicación, orientación, posición urbanística y sobre todo, el uso del edificio. De manera que trabajar sobre casos de estudios para generar directrices de intervención energética, necesita asumir una variación en la extrapolación de las estrategias.

Sin embargo, a diferencia del objetivo de la presente tesis doctoral, estos estudios siguen prevaleciendo la eficiencia energética por encima de la conservación de valores patrimoniales

methodologies that allow adapting to each situation. They do so by experimenting with concrete case studies, out of which they extract the information necessary to generate a calibrated virtual energy simulation. Then, the efficiency of the strategies is quantified and the intervention is adjusted to the energy objectives.

For instance, this methodology is applied in the research work *Architectural structure and environmental performance of the traditional buildings in Florina, NW Greece* (Oikonomou, Bougiatioti 2011) or in the study *“Eficiencia energética en la rehabilitación de edificios”* (Capdevila, Linares et al. 2012) conducted by Ivan Capdevila, Elisa Linares y Ramon Folch for the Gas Natural Fenosa foundation. Besides, the doctoral thesis *“Rehabilitación sostenible de viviendas históricas en Santiago de Compostela”* (Liñares 2012) by Patricia Liñares and *“Rehabilitación sostenible de la arquitectura tradicional del valle del Jerte”* by Beatriz Montalbán (Montalbán 2015), which tackle a wide range of cases, also make use of this study methodology.

All these studies share the same difficulties of intending to delimit some energy guidelines for architectural typologies. These objects of study entail the singularity that even though the performance of a certain architectural typology is similar, not all the cases require the same amount of energy to achieve comfort. This is due to factors such as the location, orientation, urban position, and above all, the use of the building. Therefore, working on case studies by assuming an error in the extrapolation is the appropriate way to create energy-efficient intervention guidelines.

However, unlike the objective of this doctoral thesis, energy efficiency still prevails over the conservation of heritage values in these studies.

5.2.1.3. Integración de valores patrimoniales

Junto a los estudios expuestos, se publican paralelamente varias investigaciones en busca de una perspectiva integral que incorpora la conservación patrimonial a la premisa energética. La UNESCO, por ejemplo, concienciada de la necesidad de incorporar valores patrimoniales a este nuevo movimiento de rehabilitación energética, en el año 2013 presenta el libro *“Energy Efficiency and Energy Management in Cultural Heritage”* (Hartman, Kirac et al. 2013). Este documento presenta varios casos de estudio y detecta la intervención energéticamente más adecuada partiendo del valor cultural de las edificaciones.

Asimismo en el libro de actas del Congreso Internacional sobre la *“Eficiencia energética y edificación histórica”* de 2014 (López, Yáñez et al. 2014) organizado en la ciudad Madrid, se recogen actas sensibilizadas con la integración de los dos factores. J.L. González Moreno-Navarro por ejemplo, en su documento *“Eficiencia energética y valores patrimoniales. Lecciones de una investigación y un seminario”* (Gonzalez Moreno-Navarro 2014) expone unas pautas generales a tener en cuenta cuando se interviene en un bien patrimonial y destaca el papel de los agentes que participan en esa tarea. En el mismo congreso se publica el reporte *“Sustainable refurbishment of historic: risks, solutions and best practice”* (Heath 2014) que advierte de los riesgos de una intervención energética en la conservación del patrimonio, y concluye con recomendaciones de buenas prácticas.

Paralelamente, se publican libros como *“Responsible Retrofit of Traditional Buildings”* (May, Rye 2012) que incorpora valores estéticos, de carácter y significado en la metodología de intervención energética.

Esta integración de los valores patrimoniales en la rehabilitación energética, potencia aún más

5.2.1.3. Integration of heritage values

Together with the aforementioned studies, various research projects are published in search of a sensitive perspective that adds the heritage preservation to the premise of energy. For example, aware of the need to incorporate heritage values into this new movement of energy retrofit, in 2013 UNESCO published the book *“Energy Efficiency and Energy Management in Cultural Heritage”* (Hartman, Kirac et al. 2013). This document presents some case studies and detects the most suitable intervention in terms of energy, based on the cultural value of the buildings.

Likewise, during the International Congress *“Eficiencia energética y edificación histórica”* (López, Yáñez et al. 2014) held in Madrid in 2014, minutes concerned about the integration of both factors were recorded. For instance, J.L. González Moreno-Navarro explained the general guidelines to be taken into consideration when facing an intervention on heritage in his report *“Eficiencia energética y valores patrimoniales. Lecciones de una investigación y un seminario”* (Gonzalez Moreno-Navarro 2014), and he also underlines the role of all the parties that participate in this process. The report *“Sustainable refurbishment of historic: risks, solutions and best practice”* (Heath 2014) was also published in the same congress, which warns about the risks of an energy intervention in relation to the conservation of heritage, and it concludes with some recommendations of best practice.

At the same time, books like *“Responsible Retrofit of Traditional Buildings”* (May, Rye 2012) were published, which incorporates values related to character, significance and aesthetics in the methodology of energy intervention.

This integration of heritage values into the energy retrofit emphasizes even further the need for a tool that enables working on a case by case basis.

Hence with the aim of delimiting some general

la necesidad de **una herramienta que permita trabajar caso a caso**.

Y por consiguiente, con el objetivo de acotar unas directrices de intervención para los caseríos, esta tesis doctoral experimenta a través de un procedimiento que pueda ser una herramienta extrapolable. Así se testea con un caso de estudio concreto que cumpla con unas condiciones específicas (véase 5.5) y de ahí se concluye con ciertas pautas para la adaptación de caseríos.

5.2.1.4. 3ENCULT, el manual de referencia

Analizando las metodologías de análisis, destaca el manual *“Energy efficiency solutions for historic buildings”* publicado en el año 2015 y editado por Alexandra Troi, de la Academia Internacional de Bolzano EURAC (3encult 2015). Este libro desarrollado para el proyecto europeo 3ENCULT, tiene como objetivo principal analizar las distintas secuencias que se dan en una rehabilitación energética y acotar las pautas para una intervención eficiente y a la vez sensible con el patrimonio.

Presenta una amplia gama de estudios relacionados con la rehabilitación energética, en la que destaca la metodología de análisis utilizada para realizar este tipo de intervención. Se propone un procedimiento que tiene como objetivo equilibrar la energía y la cultura y se implanta con éxito en los distintos casos de estudios recopilados al final del documento.

Éste es el protocolo de actuación propuesto:

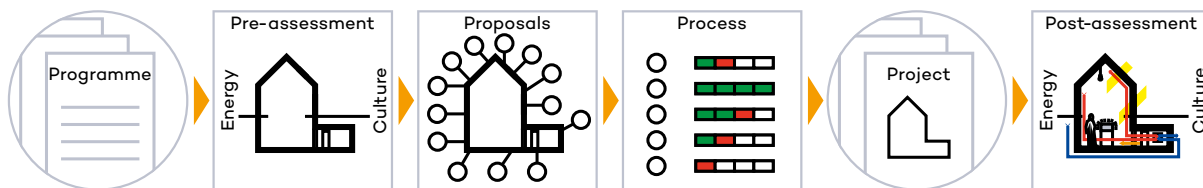


Fig. 85. 3ENCULT plan of action for sustainable retrofit (3ENCULT 2015, p.83)

intervention guidelines for farmhouse, the experimentation of this thesis is based on an extrapolated tool. It is tested on a specific case study that meets some specific conditions (see 5.6) and then some guidelines for adaptation of farmhouses are exposed.

5.2.1.4. 3ENCULT, reference manual

Analyzing the existing analytical methodologies, it is underlined the manual *“Energy efficiency solutions for historic buildings”* published in 2015, which was edited by Alexandra Troi from EURAC, the European Academy of Bolzano (3encult 2015). The main aim of this book, which was developed for the European project 3ENCULT, is the analysis of the different sequences that take place in an energy retrofit and to delimit the guidelines for an intervention which is efficient and sensitive to heritage at the same time.

It presents a wide range of studies related to the energy retrofit, among which the action plan used to carry out this kind of intervention stands out. The objective of the suggested procedure is to find a balance between energy and culture, and it is implemented in the different case studies at the end of the report.

The suggested plan of action is described next:

- **1. PROGRAMA. Adaptar el programa del nuevo uso al edificio.** El propietario del edificio presenta un nuevo uso que va de la mano de un programa. Éste debe amoldarse al comportamiento energético y a la historia del edificio.
- **2. PRE-EVALUACIÓN. Pre-evaluación energética y cultural.** En términos energéticos cada elemento construido se comporta distinta manera dependiendo en su forma, envergadura y características de sus elementos constructivos además de en su ubicación, orientación y uso (3encult 2015, p.86). De forma que el primer paso a realizar antes de acotar alguna intervención es conocer el comportamiento higrotérmico del edificio de referencia (Wedeburn, Colla et al. 2013). Ocurre lo mismo con el valor patrimonial, cada edificio es distinto. Por ello primero se estudian ambas facetas y después se plantean las intervenciones.
- **3. INTERVENCIONES ENERGÉTICAS. Estrategias energéticas eficientes.** Se plantean estrategias de intervención que propuestos desde la lectura del edificio y se valora la eficiencia energética de cada estrategia mediante simulaciones energéticas.
- **4. PROCESO MULTIDISCIPLINAR. Patrimonio y energía.** Se valora la afección patrimonial y la eficiencia energética de cada estrategia para equilibrar la intervención y se toma la decisión de cómo y cuánto intervenir.

Los casos de estudios del libro validan la flexibilidad del protocolo de actuación para integrar la energía y la cultura.

- **1. PROGRAMME. Adapting the programme of the new use to the building.** The owner of the building presents a new use for the building that goes together with a programme. This must adjust to the energy performance and history of the building.
- **2. PRE-ASSESSMENT. Pre-assessment of energy and culture.** Each element has a different performance in terms of energy depending on its shape, size and characteristics of its structural components, as well as on its location, orientation and use (3encult 2015, p.86). Therefore, the first step before delimiting an intervention is to understand the hygrothermal behaviour of the reference building (Wedeburn, Colla et al. 2013). The same happens with the heritage value, since each building is different. That is why first a study of both characteristics is necessary, and then the interventions are suggested.
- **3. ENERGY INTERVENTIONS. Energy-efficient strategies.** The reading of the building will give place to the suggestion of some intervention strategies, and then the energy efficiency of each strategy is assessed through energy simulations.
- **4. MULTY-DISCIPLINARY PROCESS. Heritage and energy.** The effects on the heritage and the energy efficiency of each strategy are assessed in order to achieve a balance in the intervention and then make the decision of how and when intervene.

The case studies of the book validate the flexibility of the action plan to integrate energy and culture.

5.2.1.5. Innovación; uso adaptativo y estudios paramétricos

Sin embargo, a pesar del potencial del procedimiento de *3ENCULT* esta tesis doctoral propone introducir dos modificaciones:

- **USO ADAPTATIVO.** Debido a que el escenario de uso de un objeto construido puede alterar su demanda energética, se **propone alterar la secuencia de análisis: primero se diagnostica el edificio y después se adapta el programa del nuevo uso** al comportamiento bioclimático intrínseco del mismo. Esta modificación permite configurar los espacios de la nueva función del edificio con criterios energéticos, reduciendo así el impacto medioambiental del mismo.
- **ESTUDIOS PARÁMETRICOS.** Con el objeto maximizar el abánico de posibilidades y facilitar una adecuada toma de decisiones, se propone cuantificar el rendimiento energético/patrimonial de cada intervención de manera paramétrica.

Es decir se cuantifican y se comparan todos los rendimientos de todas las combinaciones planteadas para así contrastar y concluir en la elección de la estrategia de intervención energéticamente/ patrimonialmente óptima (más información en el apartado 5.3.3).

En la siguiente hoja se muestra la metodología final propuesta para la experimentación de esta tesis doctoral.

5.2.1.5. Innovation; adaptative use and parametric studies

However, despite of the potential of *3ENCULT* procedure, this doctoral thesis proposes two modifications.

- **ADAPTIVE USE.** As the user scenarios of a built object can change its energy demand, **the order of the first stages is altered: firstly the building is diagnosed and then the user programme is adapted to its intrinsic bioclimatic behaviour.** This modification allows configuring the programme based on energy criteria, reducing the environmental impact of the building.
- **PARAMETRIC STUDIES.** With the aim of facilitating an appropriate decision making for the optimal intervention for balanced retrofit, a dual parametric quantification of the strategies is proposed.

This quantification method allows to quantify the energy performance and the heritage incompatibility rate of each intervention strategy and it allows to summarize all of the combinations in a simple chart (more info in the 5.3.3. stage).

The final methodology that is suggested for the experimentation of this doctoral thesis is explained in the following page.

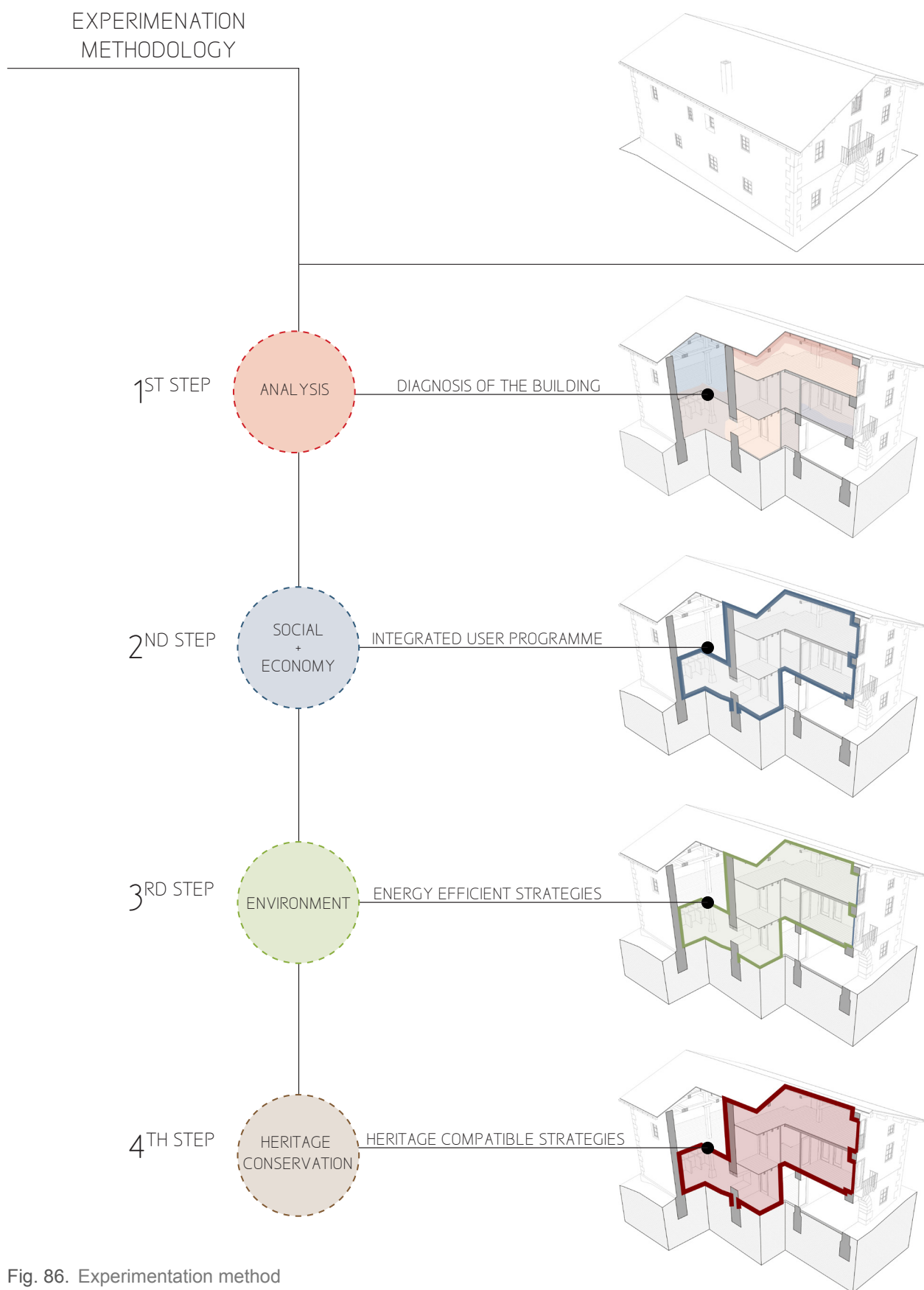


Fig. 86. Experimentation method

5.3. METODOLOGÍA DE EXPERIMENTACIÓN

5.3.1. DIAGNOSTICO. Evaluación patrimonial y análisis del comportamiento higrotérmico del caserío vasco



Cada caserío, como cualquier patrimonio construido, es un caso único que se debe analizar uno a uno para que la adaptación sea la más equilibrada y sensible posible (3encult 2015, p.86). Por ello en este apartado, primero se realizan los estudios oportunos para conocer el valor patrimonial y el comportamiento higrotérmico del caso de estudio: se analiza el contexto ambiental, el estudio del elemento arquitectónico, la caracterización de los materiales y se realiza el comportamiento higrotérmico de un caserío sin uso (de Santoli 2015). Se cuantifica en profundidad un caso estudio concreto de un caserío tipo a través de monitorizaciones reales y simulaciones energéticas calibradas.

5.3. EXPERIMENTATION METHODOLOGY

5.3.1. DIAGNOSIS. Heritage evaluation and analysis of the hygrothermal behaviour of the Basque farmhouse

Each farmhouse, as any other built heritage, is a unique case that must be analyzed one by one so that its adaptation is as balanced and sustainable as possible (3encult 2015). That is why in this stage a heritage evaluation is proposed and the necessary studies are carried out to understand the case study: the environmental context is analyzed, the architectural element is studied, the materials are characterized and the hygrothermal behaviour of a farmhouse in disuse is analyzed (de Santoli 2015). A specific case study of a typical farmhouse is quantified thoroughly by real monitoring and calibrated energy simulations.

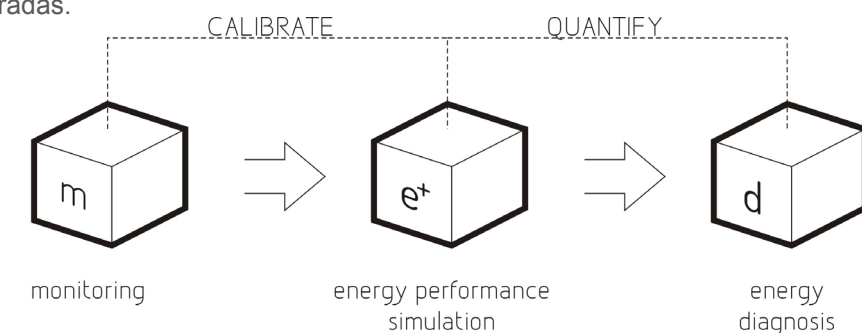


Fig. 88. Energy diagnosis procedure

Los resultados de este apartado además sirven de base para que los profesionales, particulares y técnicos de las instituciones conozcan a qué tipo de edificio bioclimático se enfrentan cuando vayan a intervenir en un caserío.

The results of this section will also serve as an initial base for professionals, individuals and institutional technicians to understand what type of bioclimatic building they are facing when they have to tackle an intervention on a farmhouse.

5.3.2. ADAPTACIÓN SOCIOECONÓMICA. El rol del uso en el caserío.

En el segundo apartado de la experimentación se integran las nuevas alternativas socioeconómicas de futuro para los caseríos en el caso estudio. De manera que se realiza otra monitorización de un caserío activo para conocer el comportamiento bioclimático de antaño del caserío. Se destaca la cuantificación de las ganancias internas producidas por el ganado a base de termografías y monitorización real de un caserío activo.

Se adapta el caserío a cada escenario con criterios de energéticos, arquitectónicos y de accesibilidad y se destaca sobre todo el gran rol que tiene el uso en la demanda energética del caserío, que además es una intervención en un principio carece de intervención alguna.

5.3.2. SOCIOECONOMIC ADAPTATION. The role of the use of the farmhouse.

During the second stage of the experimentation, the new socioeconomic alternatives the farmhouse has for the future are integrated into the case study. So another farmhouse which is kept active is monitored too in order to know the bioclimatic behaviour of a farmhouse in their old days. It is to be underlined the quantification of the internal gains provided by the livestock by means of thermography and the real monitoring of an active farmhouse.

The farmhouse is adapted to each scenario according to energy, architecture and accessibility criteria, and great emphasis is laid on the role of the use in the energy demand of the farmhouse, which is an adaptation that initially requires no intervention.

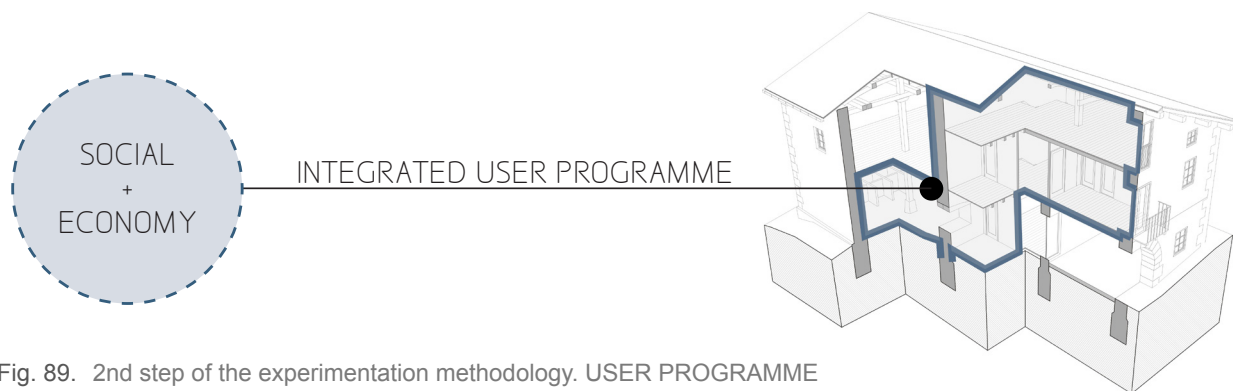


Fig. 89. 2nd step of the experimentation methodology. USER PROGRAMME

5.3.3. ESTRATEGIAS ENERGÉTICAS. Cuantificación de la eficiencia energética de las estrategias en el caserío.

Una vez configurados los escenarios de uso para el caso de estudio, se proponen unas estrategias energéticamente eficientes que están integradas al nuevo contexto energético. Se cuantifica el comportamiento energético del caserío en cada escenario de uso para así detectar cómo reacciona el edificio. El objetivo es conocer cuál es el esfuerzo requerido para que el caserío se adapte a los objetivos energéticos europeos.

5.3.3. ENERGY STRATEGIES. Quantification of the energy efficiency of the strategies in the farmhouse.

Once the use scenarios of the case study have been set, some energy-efficient strategies that are integrated into the new energy context are suggested. The energy behaviour of the farmhouse in each of the use scenarios is quantified in order to detect how the building reacts. The aim is to know what so that the farmhouse adapts to the European energy objectives.



Fig. 90. 3rd step of the Experimentation methodology. ENERGY EFFICIENT STRATEGIES

Para ello se opta por realizar estudios paramétricos con las estrategias energéticas en cada uno de los escenarios. Esta herramienta permite trabajar con rangos de soluciones mucho más amplios que las habituales simulaciones energéticas (Naboni, Zhang et al. 2013, p.105)

Este análisis permite conocer la eficiencia de cada parámetro asignado a cada tipo de intervención. Por ejemplo, el espesor de aislamiento incorporado a un elemento construido existente o la estanqueidad de la intervención. El estudio completa todas las

To achieve that, parametric studies are carried out with energy strategies in each of the use scenarios. Thanks to this tool, it is possible to work with a far wider range of solutions than the usual energy simulations (Naboni, Zhang et al. 2013, p.105).

This analysis permits the understanding of the efficiency of each of the parameters that are assigned to each type of intervention, such as the thickness of the insulation attached to an existing built element or the air tightness of the intervention. The study completes all the possible combinations

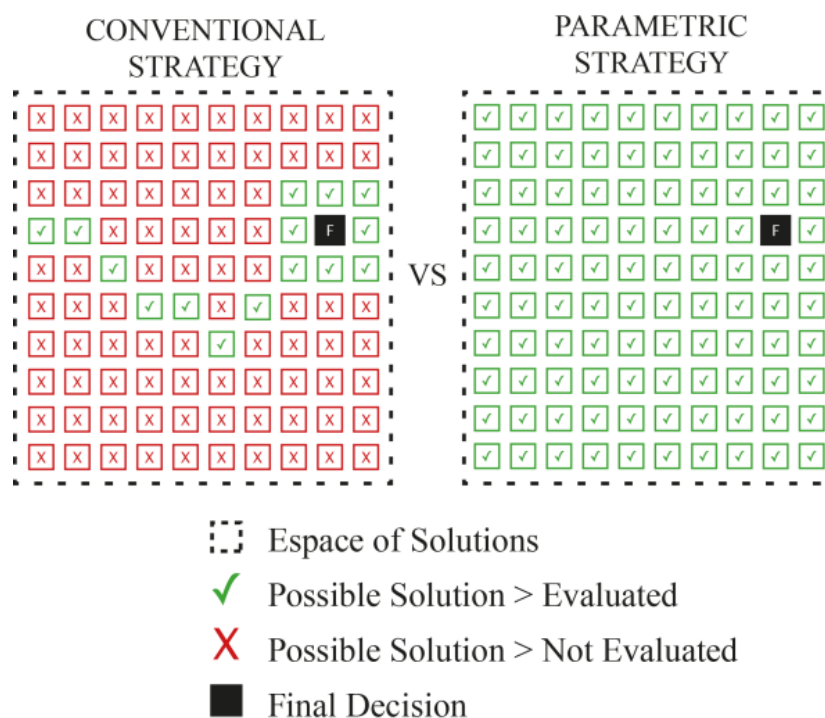


Fig. 91. Conventional strategy vs parametric strategy (Naboni, Zhang et al, p.106)

combinaciones que se puedan dar en estas estrategias y cuantifica la eficiencia energética de cada una de ellas. Lo cual permite conocer con exactitud desde la mínima intervención para adaptarse a los objetivos Europeos para 2030 en cada escenario de uso hasta las soluciones más energéticamente más eficientes.

that can take place in these strategies, and quantifies the energy efficiency of each of them, which makes it possible to know accurately from the slightest intervention in order to meet the European objectives for 2030 to the most energy-efficient solutions in each of the use scenarios.

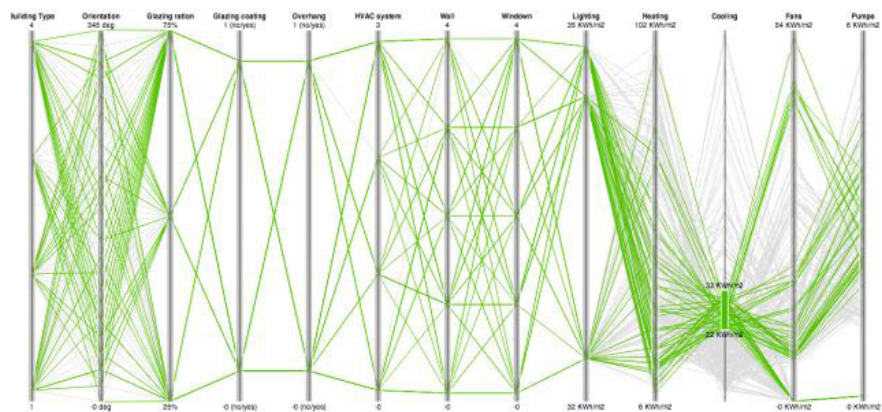


Fig. 92. Parametric analysis concept (Naboni, Zhang et al, p.108)

5.3.4. EQUILIBRIO ENTRE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO.

La última parte de la experimentación, se centra en evaluar cada tipo de estrategia respecto a su incompatibilidad con la conservación del patrimonio.

Además de cuantificar el rendimiento energético de cada estrategia, se evalúa su alteración arquitectónica y se recopilan los valores de todas las estrategias en términos energéticos y patrimoniales.

5.3.4. BALANCE BETWEEN ENERGY EFFICIENCY AND PRESERVATION OF THE HERITAGE

The last part of the experimentation focuses on the assessment of each type of strategy according to its incompatibility with the preservation of the heritage.

By doing that, apart from knowing the energy performance of each strategy, it is possible to find out what architectural alteration it involves. Then, the values in terms of energy and heritage of all the strategies are gathered.



Fig. 93.4th step of the experimentation methodology. HERITAGE COMPATIBLE STRATEGIES

Se genera un gráfico donde se establecen los límites de demanda energética máxima -27% de ahorro respecto a la demanda del caserío referencial y de incompatibilidad patrimonial. Se plasman los resultados y se identifican las estrategias de menor demanda energética, de mínima intervención y las óptimas.

A chart is developed where the limits of minimum energy saving-27% of the energy saving in respect to the reference farmhouse demand- and of the maximum heritage incompatibility are gathered. Finally the results are inserted and the most energy efficient strategy, the minimal intervention strategy and the optimal strategies are identified.

Véase la figura Fig. 85.

See the figure Fig. 85.

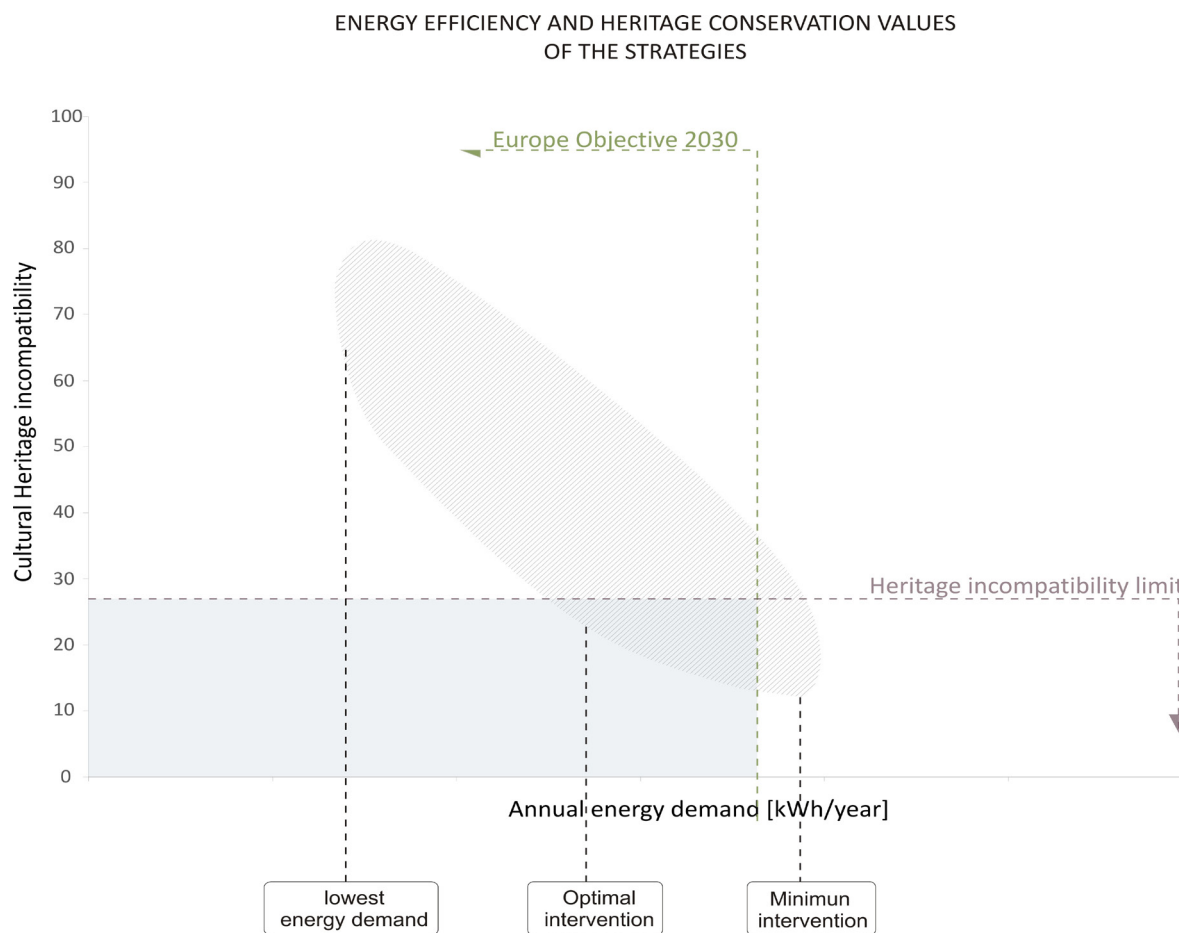


Fig. 94. Energy efficiency and heritage alteration graph

Este gráfico permitirá realizar una lectura transversal de manera visual y cuantificada. Facilita la toma de decisión de la estrategia de intervención más apropiada para conseguir el objetivo principal de la experimentación:

This chart allows a visual and quantified cross-disciplinary reading. And it makes easier to decide which intervention strategy is the most appropriate one in order to achieve the main objective of the procedure:

Garantizar a través de unas directrices de intervención una adaptación sostenible e respetuosa del caserío vasco.

To guarantee a sustainable and sensitive adaptation of farmhouse.

5.4. EL CASO ESTUDIO Y LIMITACIONES

Tal y como se comenta en el apartado anterior, la tesis doctoral se ciñe a los límites de la Reserva de Biosfera de Urdaibai, y es ahí donde se contemplan las alternativas de uso para el futuro de los caseríos.

Asimismo, las características propias e históricas de éste territorio ha hecho que la mayoría de los caseríos compartan una misma tipología arquitectónica (ver el apartado 5.5), que al mismo tiempo lógicamente muestran variaciones bioclimáticas importantes.

Y en esta línea, dado que cada edificio se comporta energéticamente de distinta forma esta investigación se limita a la experimentación de un caso de estudio concreto. Se asume que existen importantes variaciones en el comportamiento higrotérmico entre los caseríos de distintas tipologías, e incluso entre los que comparten una misma tipología.

En estos últimos casos se entiende que el comportamiento bioclimático global se fundamenta conceptualmente en una misma lógica.

5.4.1. Alternativas socioeconómicas

La cantidad de escenarios de uso propuestos en el segundo apartado se limita a los ocho expuestos en previos apartados con el objetivo de agilizar la experimentación.

Por otro lado se configura una propuesta distributiva para cada uso basada en criterios higrotérmicos, arquitectónicos y de accesibilidad, pero se asume que se deban contemplar otros factores de distribución como la estética, la salubridad, la calidad de las vistas al exterior, olores o el ruido.

5.4. THE CASE STUDY AND LIMITATIONS

As it has been mentioned in the previous section, this doctoral thesis limits itself to the boundaries of the Urdaibai Biosphere Reserve, and it is there where the use alternatives for the future of the farmhouse are considered.

The intrinsic and historical characteristics of this region have resulted in most of the farmhouses sharing the same architectural typology (see section 6.6), although at the same time they logically present considerable bioclimatic variations.

In this regard, as each building behaves differently energy wise, this research limits itself to the experimentation with a specific case study. It is assumed that the hygrothermal behaviour varies substantially between farmhouses belonging to different typologies, and even between those within the same typology.

In these last cases, it is understood that the global bioclimatic behaviour is based on the same logical principle.

5.4.1. Socioeconomic alternatives

In order to accelerate the experimentation, the number of use scenarios that were suggested in the second section is limited to the eight ones which had been explained in previous sections.

On the other hand, a distribution proposal is set up based on hygrothermal, architectural and accessibility criteria, even though it is assumed that other distribution factors such as aesthetics, sanitation, the quality of the views, smell or noise should be taken into consideration as well.

5.5. HACIA EL CASO DE ESTUDIO: LECTURA DE LOS CASERÍOS DE URDAIBAI

A la hora de escoger el caso de estudio en este primer apartado se analizan los tipos de caseríos que se encuentran para luego determinar las condiciones características del caso de estudio.

5.5.1. Tipología vizcaína, dominando los territorios de Urdaibai

Con el objeto de analizar los caseríos, este trabajo se ha argumenta en el estudio realizado sobre la división horizontal de las construcciones históricas de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai para la Dirección de Ordenación del Territorio del Departamento de Medio Ambiente, Planificación

Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco en el año 2009 (Gobierno Vasco 2009).

Según el estudio en el estuario de Urdaibai ese año existen 1,781 caseríos de los cuales sólo 474 se ubican en suelo rural, mientras los otros 1,307 se sitúan en suelo no urbanizable. 983 son unifamiliares, frente a 798 bifamiliares.

El trabajo muestra el análisis de 28 diferentes caseríos, donde se exponen sus características. En esta tesis doctoral se resumen y se exponen las características más comunes e importantes de estas construcciones.

	UNIFAMILIAR	BIFAMILIAR	TOTAL
S. NO URB.	720	587	1307
S. RURAL	263	211	474
TOTAL	983	798	1781





























DATOS GENERALES						
Nº	CASERÍOS	TÉRMINO MUNICIPAL	CLASIFIC. PRUG	AÑO	TIPOLOGÍA VIZCAÍNA	TIPO
1	KASAMENE	AJANGIZ	SRC	<1950		BIFAMILIAR
2	BARRENETXE	ARRATZU	-	<1950		UNIFAMILIAR
3	KIPUTZENE GOIKOA	ARRIETA	SRC	<1950		UNIFAMILIAR
4	ANPARAN II	BERMEO	SRC	<1950		BIFAMILIAR
5	ARISTITXU	BERMEO	SRC	<1950		UNIFAMILIAR
6	TELLETXE	BUSTURIA	NR	<1950		UNIFAMILIAR
7	MENDELETXAGA	BUSTURIA	A3	<1950		BIFAMILIAR
8	ITURBE	BUSTURIA	SRC	-		REFORMADOS
9	BERMOKIZ	ELANTXOBE	SRC	-		REFORMADOS
10	ALDEKOSI	EREÑO	A2	<1950		BIFAMILIAR
11	KARABIZURIETA I	ERRIGOITI	SRC	<1950		UNIFAMILIAR
12	LANDALUZE	FORUA	A2	<1950		BIFAMILIAR
13	GUNTZARRI	G. ARTEAGA	P5	<1950		BIFAMILIAR
14	MADURE	GERNIKA	A2	-		REFORMADOS
15	MERRU-ANDIKOETXEA	IBARRANGELU	NR	<1950		UNIFAMILIAR
16	ELANTXO-BEKO	IBARRANGELU	SRC	<1950		BIFAMILIAR
17	TORRE	IBARRANGELU	-	1907		UNIFAMILIAR
18	BASOZABAL	KORTEZUBI	NR	<1950		BIFAMILIAR
19	ZIERRE-OMA	KORTEZUBI	NR	XVI		UNIFAMILIAR
20	OLABE	MENDATA	SRC	<1950		BIFAMILIAR
21	LANDOTZ	MORGA	SRC	-		REFORMADOS
22	BASARAN	MUNDAKA	F2	-		REFORMADOS
23	GANEURRE	MURUETA	A3	<1950		UNIFAMILIAR
24	BENTA	MURUETA	NR	<1950		BIFAMILIAR
25	MONTORRE	MUXIKA	SRC	<1950		UNIFAMILIAR
26	ZUHARTE-ARRONGA	MUXIKA	F1	<1950		BIFAMILIAR
27	ORDENABE	NABARNIZ	A2	<1950		BIFAMILIAR
28	IBARGUEN GOIKO	NABARNIZ	A2	-		UNIFAMILIAR
29	ABAROA GOIKOA	SUKARRIETA	SRC	<1950		UNIFAMILIAR

Fig. 95. Baserris of Natural Biosphere of Urdaibai (Gobierno Vasco 2009)

De los 29 caseríos estudiados, 27 comparten las características de la denominada tipología vizcaína del libro *“Euskal Herriko baserriaren arkitektura”* (Larrañaga, Loinaz et al. 2001). Esto se debe a la eficacia de los caseríos de esta tipología para producir alimentos de primera necesidad que junto a los puertos de pesca de los pueblos de Bermeo y Elantxobe han respondido a la demanda alimenticia que ha existido tradicionalmente en el estuario de Urdaibai.

5.5.2. Características de la tipología vizcaína

El caserío de la tipología vizcaína se caracteriza por un muro cortafuegos que divide las plantas en dos y por un granero. Arquitectónicamente es un edificio compacto, cerrado y con huecos de dimensiones reducidas que evoluciona con el paso del tiempo y que tiene como finalidad el aporte de iluminación natural. La planta que se repite en 3 alturas es esencialmente rectangular aunque existan variaciones morfológicas importantes en este aspecto. La cubierta de dos aguas de teja rojiza

comparte el eje simétrico de la fachada principal y se alarga en toda la superficie construida. Los aleros aparacen en todo el perímetro menos en la parte trasera, donde es común que aparezca una tercera vertiente en forma de cola de milano para responder a fuertes vientos (Beristain 2010, p.17).

5.5.2.1. Distribución y muro cortafuegos

La característica más importante de esta tipología es un muro de mampostería de grandes dimensiones que corta el edificio en dos: muro medianero o muro cortafuegos. Su función es proteger la vivienda de las zonas de trabajo y viceversa, de manera que el caserío contiene tres plantas divididas transversalmente.

En la planta inferior se situaba la cocina, el corazón de la casa; un dormitorio y dos almacenes: uno complementario de la cocina, que puede convertirse en un pequeño cuarto complementario, y el otro con los utensilios de trabajo. El muro cortafuegos es una introducción muy importante, ya que además de su función principal, genera una separación



higiénica básica entre el establo y la zona vividera. En el establo vivían las vacas, que en verano son llevadas a pastar; los cerdos, que viven siempre en el caserío; y las ovejas, que pasan la época estival en el monte.

Sobre el establo se sitúa el pajar, un gran espacio de doble altura que llega hasta la cubierta. Los campos se siegan al llegar el verano y los fardos de paja secos se recogen al finalizar esta estación.

- | | |
|--------------|----------------|
| 1. Pantry | 5. Stable |
| 2. Main room | 6. Straw loft |
| 3. Kitchen | 7. Living room |
| 4. Bedroom | 8. Barn |

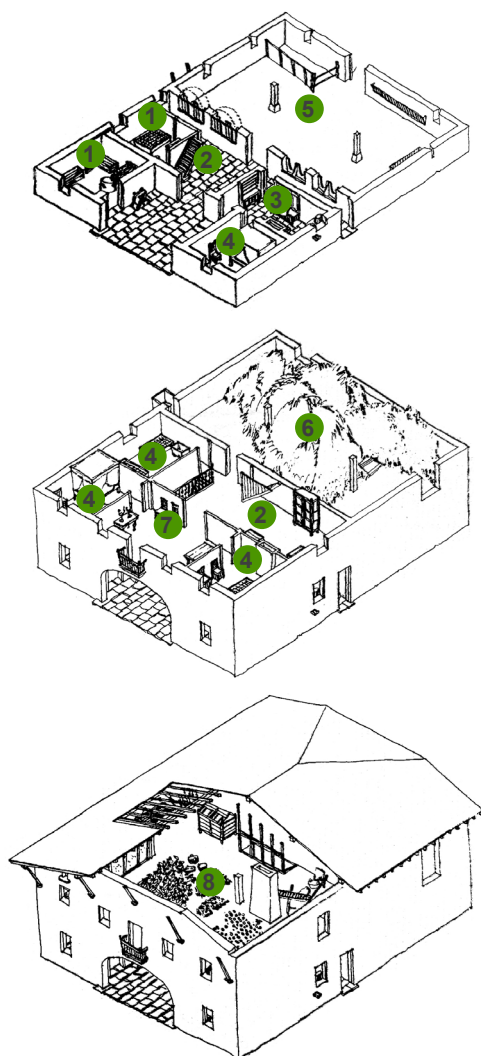


Fig. 97. Internal layout of Biscayan typology (Larrañaga, Loinaz et al. 2001, p.128-129)

Se introducen en el *baserri* a través de una puerta lateral y quedan almacenados para todo el año. La interacción entre el pajar y el establo se hace por unas trampillas situadas en el forjado de madera.

En esa misma planta primera, al otro lado del muro cortafuegos, se sitúa la vivienda. El espacio principal de esta planta es el salón. No es muy utilizado, pero es un elemento importante, ya que mostraba el poder social de la familia cuando se recibían visitas. A los lados del salón se reparten el resto de habitaciones, unas estancias sobrias conformadas para el descanso diario.

En la última planta, se sitúa el granero. Un espacio diáfano y muy ventilado dónde se seca principalmente el maíz, además de otros productos.

5.5.3. Variables bioclimáticas del caserío vizcaíno

Con la finalidad de definir las condiciones que debe cumplir el caso de estudio para que la experimentación llegue a buen cauce, se exponen los factores principales que alteran el comportamiento energético del caserío de esta tipología y su realidad en los casos estudiados en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai.

5.5.3.1. Envergadura del caserío

En el territorio de Urdaibai existen caseríos de distintas dimensiones dado que el número de propietarios y su poder económico han variado a lo largo de su existencia.

La siguiente tabla muestra la variedad en la envergadura de los caseríos, la cual demuestra que existe una diferencia importante entre distintos caseríos. La superficie útil total varía entre 214 a 827 m². Gran parte de la causa es debido a que en esta lista los caseríos con más de 510 m² son bifamiliares, de manera que el caserío unifamiliar más grande es Zierre, de Oma, datado a finales de XV o a principio del XVI.

DIMENSIONES							
Nº	DIMENSIONES ANCHOxLARGO	SUPER F. OCUPA	SUPER. UTIL P.BAJA	SUPERFI CIE INTERIOR	USO VIVIENDA	USO AGRICOLA	USO PBC ANEXO
1	17,25x15,85	273	195	418	197	224	179
2	15x11	165	122				
3	13x18	234	172	486	164	196	193
4	17,70x15	265	187	631	153	244	486
5	13x19	247	186	378	378	-	57
6	9,5x15,5	147	98	261	121	83	143
7	18,20x18,80	342	240	537	284	253	156
8	-	192	163	-	-	-	-
9	-	115	97	-	-	-	-
10	16,30x21,50	350	272	540	240	308	140
11	11x19	209	156	366	226	170	55
12	20x17	340	248	447	232	294	380
13	16,20x22,50	364	252	644	399	245	72
14	-	148	125	-	-	-	-
15	11x13	143	103	214	214	-	127
16	15,75x21,50	338	268	528	206	322	128
17	10x16	160	104	274			
18	16,50x21	346	280	683	256	304	256
19	20x16	320	231	503	209	294	128
20	19,50x20	390	280	706	483	128	284
21	-	132	95	-	-	-	-
22	-	246	195	-	-	-	-
23	12x15	180	132	315	132	131	89
24	15,80x12,80	202	154	512	212	85	224
25	11,5x17	195	145	420	145	244	123
26	14,70x19,65	288	206	436	190	246	168
27	16,50x20,90	344	270	827	827	-	-
28	12,25x16,65	204	153	-	-	-	-
29	14,5x20,5	297	231	453	226	227	-

Fig. 98. Dimensions of the baserris of Natural Biosphere of Urdaibai (Gobierno Vasco 2009)

La envergadura del caserío es un factor bioclimático fundamental que afecta directamente en la demanda energética de un edificio.

Proporcionalmente tienen más superficie de envolvente respecto a la superficie útil que los caseríos de gran envergadura.

- **Superficie calefactada:** El consumo energético depende de la energía necesaria para calentar un espacio en unas condiciones específicas. Por lo tanto en las construcciones de más superficie calefactada esta demanda será mayor que en una de mismas características pero de menos envergadura.
- **Relación superficie envolvente – suelo calefactado:** La demanda energética se cuantifica por unidad superficial (kWh/m²), y la relación entre la envolvente exterior y suelo calefactado varía considerablemente entre distintos casos de caseríos. En el caso de los más pequeños este valor será penalizado.

5.5.3.2. Orientación

La fachada principal de los caseríos del estudio se suele orientar al sureste y al este para beneficiar a las zonas residenciales y de trabajo de espacios más templados. Pero a veces por otros motivos como la integración topográfica, relación social con otros caseríos o la situación de la corriente natural de agua más cercana les hace mirar a otros puntos cardinales.

Este factor modifica el comportamiento del caserío. Según varía la orientación del edificio las ganancias solares aportan energía a otras instancias resultando que el caserío internamente no responda con la misma efectividad higrotérmica que en un principio estaría determinado.

FACTOR SOLAR		
Nº	ORIENTACIÓN	OBST SOLAR
1	265° SO	150° O - 280° SO
2		
3	280° S	-
4	110° NO	300° SO-340° SO
5	355° E	-
6	235° SO	-
7	355° E	-
8	-	-
9	-	-
10	355° E	-
11	300° SE	340° SE-240° SO
12	355° E	240° SO-270° S
13	340° E	-
14	-	-
15	340° E	-
16	310° SE	310° SE
17	0° E	315° SE-45° E
18	215° SO	110° NO
19	255° SO	-
20	290° SE	5° E-50° NE
21	-	-
22	-	-
23	280° SE	0° E-75° NE
24	0° E	90° N-260° SO
25	270° S	45° NE-0° E
26	310° SE	-
27	45° NE	0° E-270° S
28	-	-
29	0° E	210° SO-270° S

Fig. 99. Solar factor in the baserri of Natural Biosphere of Urdaibai (Gobierno Vasco 2009)

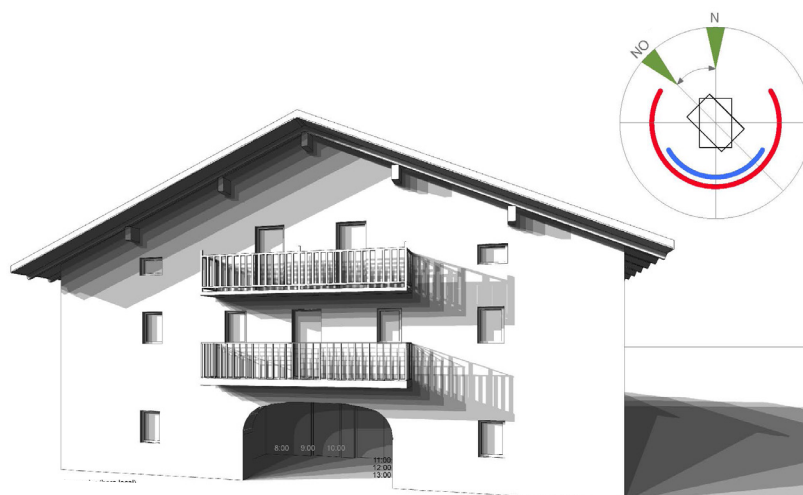


Fig. 100. Sunpath in the main facade of a baserri (Beristain 2010, p.18)

de piedra exterior y la estructura porticada de madera, su arquitectura enseña cierta variedad de distintos materiales y composiciones constructivas (Larrañaga, Loinaz et al. 2001, p.95).

• Elementos constructivos de piedra:

La envolvente de piedra se puede configurar de sillares, de sillarejos o de mampostería, que a veces se viste de un arco de sillería para configurar el *etarte* en la fachada principal. El muro exterior de mampostería se suele cubrir con un revoco de mortero de cal. Por otra parte el muro cortafuegos también es de mampostería a pesar de que en los primeros casos sólo fuese en planta baja.

En los caseríos de Urdaibai se emplea de forma generalizada la talla ornamental de piedra o de madera, además de un tipo de piedra inédita en zonas vecinas: la caliza roja de las canteras de Ereño y Gautegiz Artea.

• Elementos de madera.

Siendo el roble el tipo de madera más predominante en los caseríos más antiguos la madera era el material utilizado para la estructura

5.5.3.3. Diversidad de material y calidad de la envolvente

Los caseríos debido a que hayan sido construidos por propietarios de distintas clases sociales y en distintas épocas, presentan acabados y elementos constructivos de distintas calidades. Este factor altera la propiedad térmica de los sistemas constructivos que interactúan en fluctuaciones higrotérmicas de la construcción con las condiciones externas. La propia sección se comporta de forma diferente variando la capacidad higroscópica o el calor específico, junto a su conductividad y densidad que son fundamentales en su capacidad de aislamiento o almacenaje de calor. Además la geometría o la calidad de acabado y contacto con otros materiales son factores a tener muy en cuenta para evitar las infiltraciones o puentes térmicos.

En cuanto a los elementos constructivos, los más importantes en los caseríos son el muro

portante vertical y horizontal, para las divisiones interiores, la base para la cubierta incluso para la envolvente. Por motivo de su fragilidad ante el fuego, la envolvente se construye con la piedra.

El roble es un árbol autóctono, de tronco grueso y hoja lobulada que da la bellota de fruto. La buena resistencia mecánica es el motivo de su uso para estructura y para entablado, pero su coste hace que en el siglo XVII se vaya reemplazando por maderas más económicas como el castaño y la pinotea o por otros elementos de fábrica de albañilería.

En general la madera aparece en distintos sistemas constructivos de distintas formas en el caserío. El entramado suele destacar en la configuración de la fachada principal de muchos caseríos además de servir de elemento distributivo interno. Los zarzos o verganazos también son ejemplos de aplicación de la madera para formalizar el caserío.

- Fábrica:** La teja es el caso más extendido en el caserío. Es el material fundamental de protección en la cubierta. Pero los aparejos de ladrillo también tienen su protagonismo. Lo que se conocía como material estructural, en el caserío ha sido habitual encontrarlo como elemento de cierre no portante, relleno y protección del entramado de madera, o muy tardíamente se establece como elemento distributivo.
- Mortero de cal:** El mortero de cal es el material de revoco para proteger los elementos que están más expuestos. Los elementos de mampostería y de fábrica en fachada suelen estar cubiertos por este material. En los tabiques divisores

internos también pueden aparecer debido a su buen comportamiento higroscópico.

- Escoria de ferrería:** La escoria es un material que se encuentra como sustituto de la piedra, comúnmente en aquellas zonas cercanas a ferrerías. Es una combinación de materiales terrosos, restos de carbón vegetal y parte del metal fundido, que generalmente es hierro.

El estudio realizado muestra que en la mayoría de los caseríos no existe una variedad de material en la fachada principal. Además los caseríos se encuentran en buen estado y la calidad de la envolvente en general es buena.

ENVOLVENTE				OTROS	
ESTADO	MODIFIC.	CAMBIO FACHAD	CALIDAD ENVOL.	MONITOR.	EXTRA INFORM.
			7		
			1		
			10		
			8		
			9		
			5		
			10		
-	-	-	-		
-	-	-	-		
			8		
			5		
			10		
			8		
-	-	-	-		
			7		
			8		
			4		
			8		
			10		
			8		
-	-	-	-		
-	-	-	-		
			7		
			9		
			6		
			7		
			6		
-	-	-	-		
			-		

Fig. 101. Envelope quality of the baserris of Urdaibai (Gobierno Vasco 2009)

5.6. EL CASO DE ESTUDIO: EL CASERÍO TORRE

A la hora de definir el caso de estudio para desarrollar la experimentación establecen las siguientes condiciones:

5.6.1. Condiciones para el caso estudio

- **CONDICIÓN TIPOLOGICA.** El caso de estudio debe ser de la tipología vizcaína debido a que es el más extendido en Reserva de la Biosfera de Urdaibai
- **CONDICIÓN DE ESTADO ACTUAL.** El caserío debe encontrarse en buena salud para que no se altere su comportamiento higrotérmico intrínseco.
- **CONDICIÓN DE USO ACTUAL.** Las adaptaciones se realizan sobre una construcción que pierde su uso, de manera que interesa conocer cómo se comportan las estancias interiores con la finalidad fundamentarse sobre criterios higrotérmicos a la hora de adaptar los nuevos escenarios de uso.
- **CONDICIÓN DE ENVERGADURA.** El caserío debe ser unifamiliar debido a que la mayoría de los casos del estudio realizado comparten

esta característica. Debido a la relevancia de este factor en la demanda energética y en su comportamiento higrotérmico, se requieren futuras experimentaciones con caseríos bifamiliares y de más envergadura.

- **CONDICIÓN DE ORIENTACIÓN.** Es preferible que el caserío esté orientado al sureste o este, entre 180° a 270°.
- **CONDICIÓN DE LA ENVOLVENTE.** Es preferible que el caserío no disponga de cambios de material en la fachada principal.

5.6.2. El caserío Torre, el caso de estudio

El caserío Torre, ha sido establecido como el caso de estudio principal. A pesar de no ser un caserío de gran valor histórico, cumple con los requisitos más indispensables para esta experimentación.

5.6.2.1. Cumplimiento de las condiciones

En cuanto a las condiciones para la experimentación, Torre cumple con su condición tipológica. Tiene una planta dividida por el muro cortafuegos el cual segrega las zonas de vivienda de la cuadra y pajar. El granero se ubica en la bajo cubierta de la fachada principal. El único inconveniente es que el etarte se alarga en planta baja detrás de la ventana

Fig. 102. Torre Baserri

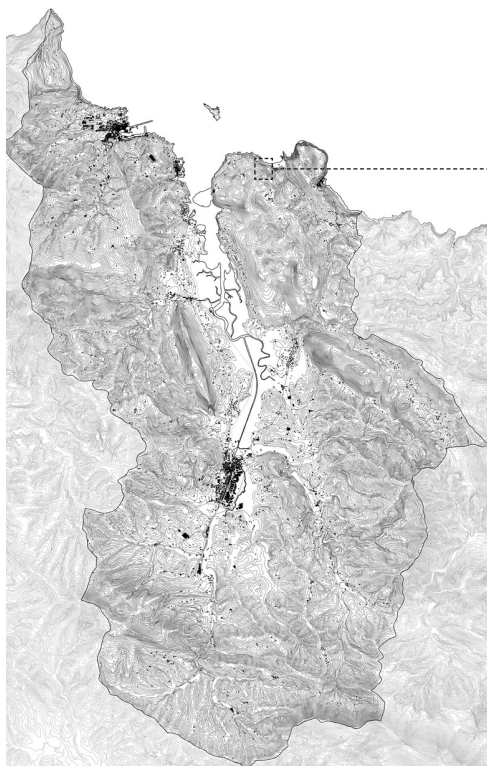


inferior norte de la fachada principal de manera que no existe una estancia como suele existir en esta tipología.

Asimismo, el caserío Torre se encuentra vacío y en buen estado, por lo tanto también cumple estas condiciones. Además no presenta ningún cambio en la envolvente principal y su calidad constructiva tampoco es la óptima. Esta compuesto por un mampuesto que se cubre en su cara externa a base de mortero de cal. De manera que cumple también con este requisito. Respecto a su envergadura, Torre es un caserío unifamiliar de reducidas dimensiones, 160 m² de superficie ocupada y 274 m² de superficie total útil.

5.6.2.2. Emplazamiento.

Torre, es un caserío de tipología vizcaína que se emplaza en el barrio Gametxo de Ibarrangelu, Bizkaia, en una apertura al Noreste del monte Kolaio. La abre sus vistas del noroeste al mar Cantábrico y presenta una ladera hacia Suroeste (Fig. 94).



5.6.2.3. Características

El edificio se construye a principios del siglo XX, en 1907. Pertenece a la última tendencia de caseríos que desde siglo XIX se convierten en construcciones rurales de reducidas dimensiones y de pobre apariencia. Además, se cree que tiene un predecesor de dimensiones más grandes que se quemó en un incendio. Lo cual explica que la causa de los cortes en algunas vigas de la estructura porticada de madera.

El caserío actualmente tiene todas las acometidas necesarias –electricidad, agua, teléfono– además de un pozo séptico y un depósito de aguas pluviales que actualmente recoge el agua de la cubierta norte mediante un sistema de canalización externa.

Las características arquitectónicas, constructivas y energéticas de Torre se exponen en el siguiente apartado, donde se realiza la primera experimentación sobre su comportamiento higrotérmico intrínseco.



Fig. 103. Emplazamiento del caserío Torre.
Gametxo, Ibarrangelu

En este primer apartado de la experimentación hacia las directrices de intervención para el caserío, se lleva a cabo un estudio de diagnóstico que extraiga las características higrotérmicas intrínsecas del edificio. La finalidad de este análisis es corroborar y cuantificar el comportamiento bioclimático del caso de estudio.

6.1. PROCEDIMIENTO

A principio del proceso se realizan las tareas oportunas para obtener los datos que se necesitan para generar un modelo simplificado de simulación virtual energética. Éste modelo es la herramienta base para definir el comportamiento global del edificio y para calcular la transcendencia de los usos e intervenciones energéticas en el caserío.

Se toman los datos climáticos, arquitectónicos, constructivos e higrotérmicos. Éstos últimos a través de una monitorización de temperaturas y humedades internas mediante loggers que se instalan en el caserío Torre durante más de un año.

Una vez recopilados los datos, se elabora el modelo de simulación energética basado en el motor EnergyPlus el cual se calibra según los datos higrotérmicos obtenidos del caserío.

6.2. ANÁLISIS DEL ENTORNO AMBIENTAL

Los caseríos se caracterizan por la eficiencia y sencillez de su diseño para adaptarse a su entorno climático. De manera que el estudio empieza por analizar el entorno ambiental del caserío Torre.

Esta lectura se basa en los datos climáticos de Euskalmet (Euskalmet 2015b).

6.2.1. Condicionantes del clima de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai

El estuario de Urdaibai se ubica al norte de la provincia de Bizkaia -43° 19' Norte y 2° 40' Oeste- en contacto con el mar Cantábrico y océano Atlántico. Se sitúa en la zona húmeda del País Vasco en la denominada zona templada. De manera que generalmente presenta un clima templado oceánico.

6.2.1.1. Corrientes del golfo

El océano Atlántico, junto a la orografía del territorio vasco, es un factor protagonista que condiciona totalmente el clima del norte del País Vasco.

El corriente cálido que proviene del golfo de México llega a las costas occidentales de Europa y al Atlántico Norte. Su oscilación térmica anual es de apenas 10°C, el cual amortigua las temperaturas ambientales y proporciona un clima más templado con inviernos y veranos lluviosos. En el caso de que este factor no existiese, los veranos serían más calurosos y los inviernos más fríos y con menos precipitaciones, tal y como corresponde por la altitud del territorio.

En Urdaibai, durante los meses de verano los índices de humedad alcanzan niveles altos debido a las brisas marinas causadas por frecuentes vientos flojos que provienen desde el mar Cantábrico. Este efecto, con la orografía de Urdaibai, genera un estancamiento y recalentamiento que a la vez produce evaporación, aumentando la posibilidad de que se produzcan importantes temporales de lluvia. Pues la orografía es otros de los condicionantes más destacables del clima.

6.2.1.2. La orografía

El relieve montañoso del territorio produce una alteración del clima que en un principio debería corresponder al País Vasco.

Por un lado cuando el flujo de viento es de NO, los montes generan un obstáculo vertical que enfrían el aire al ascender hasta el punto de que se satura y condensa. Entonces se generan nubes y precipitaciones en las zonas que se sitúan entre estos montes y el mar Cantábrico, creando el denominado *efecto sombra*.

Por otro lado, debido a la orografía general de la península ibérica las características de los flujos atlánticos del sureste llegan muy modificadas a Euskadi. Las masas en dirección SO-NE se desecan mientras atraviesan la península, y al descender hacia el cantábrico se calientan sensiblemente. De manera que cuando se recalienta, estas masas ascienden, expansionando y enfriando el aire. Y así concluye en una saturación y en una condensación que también produce precipitaciones.

6.2.2. Datos climáticos

Por lo tanto Urdaibai presenta un clima templado con las siguientes características climáticas.

6.2.2.1. Soleamiento.

La altura solar entre los solsticios de invierno y verano varía entre 25° y 70° respectivamente, mientras las horas solares diarias se limitan entre 9 y 16 horas. La radiación solar directa total máxima es de 804 W/m² y la difusa 559 W/m². La primera se produce en un mes de invierno, causado por la cercanía del sol en este solsticio, pero debido a la nubosidad, la radiación difusa destaca más en los meses de verano.

6.2.2.2. Nubosidad

La nubosidad es un factor muy presente en el clima de Urdaibai, pues al año tan solo el 8% de días se encuentra el cielo despejado al año. Incluso en meses de verano el 89,5 % de esta cubierto o nublado.

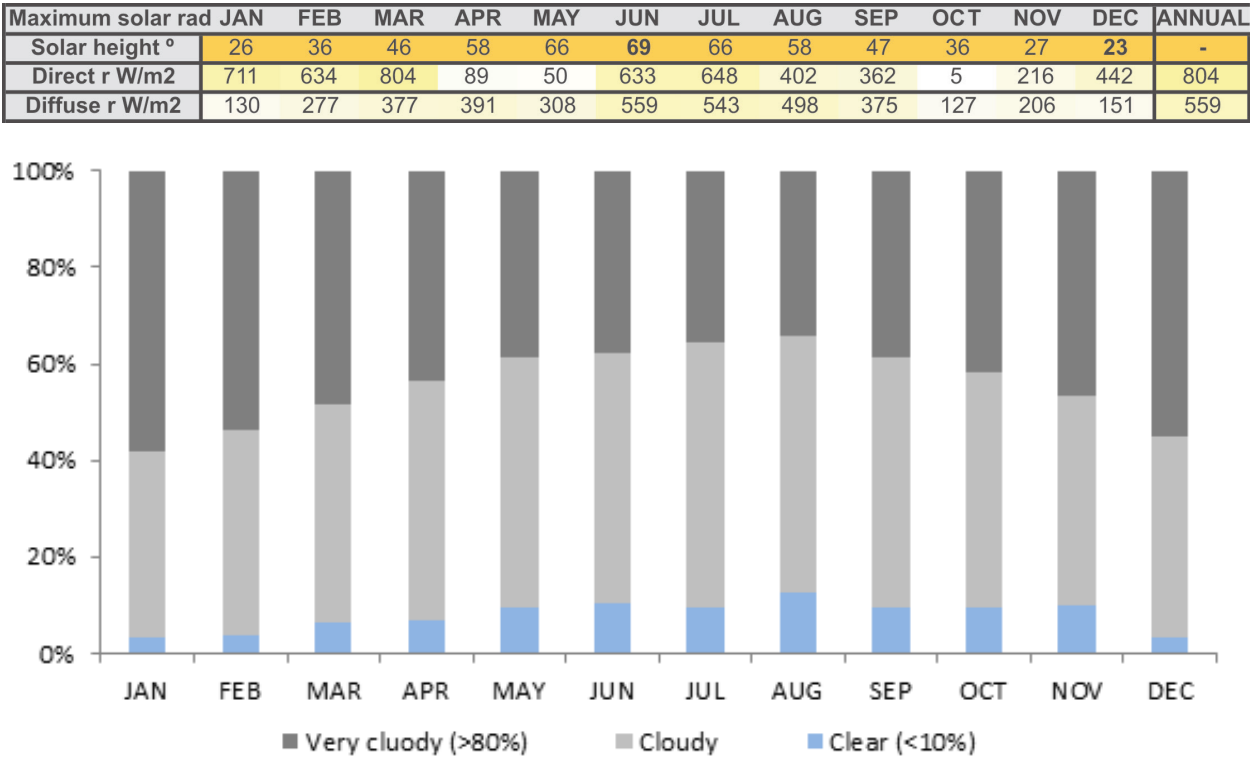


Fig. 104. Solar gains and cloudiness

6.2.2.3. Precipitaciones

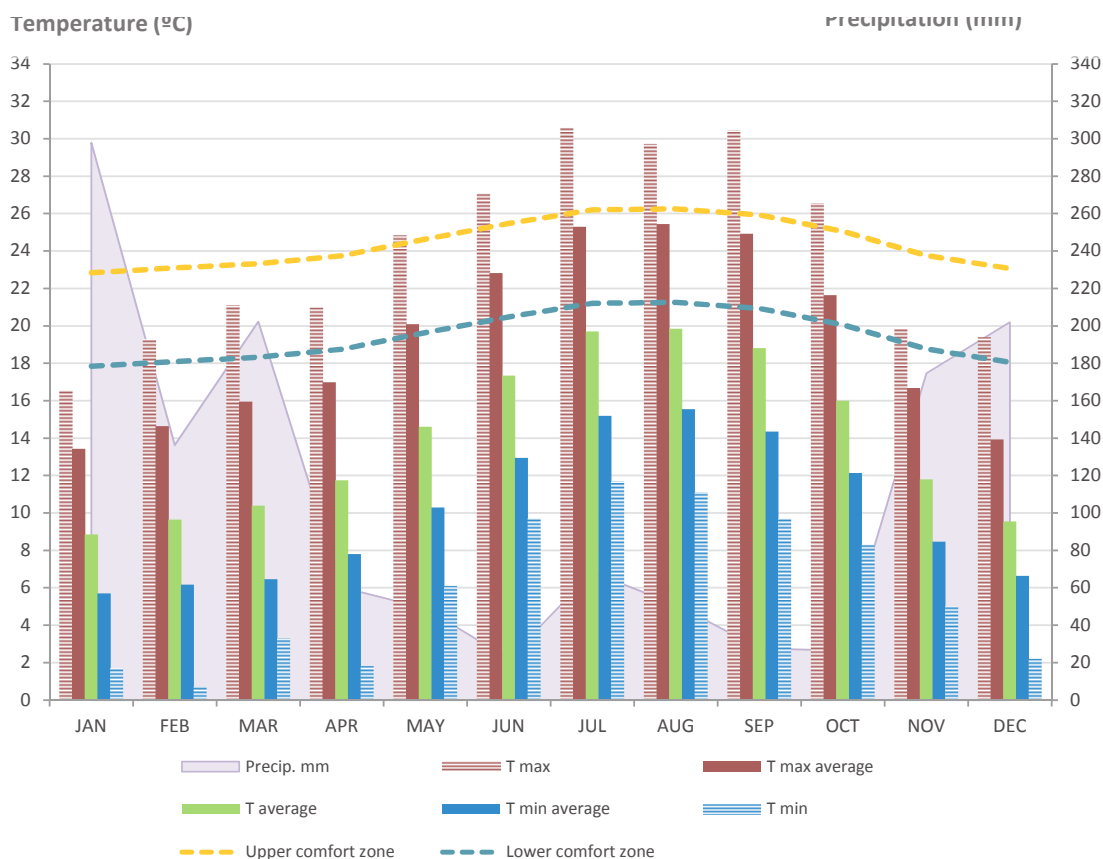
La precipitación anual suele estar entre 1200 y 2000 mm, en el año 2014 llueve durante 189 días con precipitaciones máximas 48 l/m² que en totalidad de llegan a 1317 mm.

6.2.2.4. Temperaturas

Los condicionantes resultan en un clima templado que posibilita que las temperaturas máximas medias se encuentren cerca de las franjas de confort durante todo el año. Tan sólo en los meses de verano existe el riesgo de disconfort por sobrecalentamiento, pues las máximas superan los

PRECIPIT(mm) 2014	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Max/day	48	32	41	16	8	8	12	27	24	10	39	28
Precipit. Days	24	24	13	17	15	8	18	16	7	8	18	21
Total mm	298	136	202	60	49	22	68	51	28	26	175	202

TEMP. (°C)	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
HIST. MAX.	35,0	29,0	28,4	40,0	32,0	33,0	27,0	27,0	27,0	27,0	26,0	25,0
MAXIMUM	16,6	19,3	21,1	21,0	24,9	27,1	30,6	29,7	30,5	26,6	19,9	19,4
MINIMUM	1,7	0,7	3,3	1,8	6,1	9,7	11,7	11,1	9,7	8,3	5,0	2,2
HIST. MIN.	-9,0	-6,0	-7,0	-2,0	1,0	---	2,0	3,0	-2,0	-3,0	-6,0	-7,0
AVERAGE	8,9	9,6	10,4	11,7	14,6	17,3	19,7	19,9	18,8	16,0	11,8	9,5



26 °C llegando a 30,6 °C e históricamente a 40 °C.

Respecto a las temperaturas mínimas, la posibilidad de que baje de 0 °C es mínima, pese a que existan casos históricos de que haya llegado a -9 °C.

6.2.2.5. Humedad Relativa

Por motivo del efecto de la orografía, la cercanía del mar y los flujos de aire la humedad relativa del clima vasco varía alrededor de 10% durante el ciclo del año. Mantiene una media de 72% aunque los mínimos históricos estén cerca de 40%. Las primeras horas del día son las más húmedas.

6.2.2.6. Viento

Los relieves locales y el terreno, salvo en

encauzamientos, reducen la velocidad del viento y alteran la dirección. En este clima las rosas de vientos más fuertes se acercan a los 50 km/h y suelen aparecer con una frecuencia del 4%, de manera más concentrada en época invernal.

El viento del norte es el más frecuente 21.4%, seguido por el noroeste 17,6 % que es el más desfavorable. Es más veloz con una velocidad de 20,4 km/h, frente a 11,4 km/h del norte, y muchas veces aparece con lluvias. Pero el viento sur es el que con más dureza aparece. Mantiene una velocidad media de 22,1 km/h y puede causar destrozos importantes en edificios. El resto de las rosas mantienen una velocidad media anual de 10-13 km/h.

R. Humidity	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
Hourly Averages													
1:00	80	70	76	80	76	82	80	84	81	79	80	71	78
2:00	80	70	77	81	77	84	82	85	83	80	81	71	79
3:00	81	71	79	82	79	86	84	87	85	82	82	72	81
4:00	82	71	80	83	81	87	86	90	86	83	82	73	82
5:00	83	73	82	84	84	88	89	91	88	86	84	74	84
6:00	85	75	84	87	84	89	90	93	89	87	86	76	85
7:00	87	78	86	88	85	89	89	93	90	89	87	78	87
8:00	89	80	88	88	83	87	87	92	90	90	90	80	87
9:00	90	80	87	86	79	83	83	89	88	89	90	82	86
10:00	90	79	83	81	74	78	78	84	83	85	88	81	82
11:00	86	75	77	75	68	72	71	77	76	78	83	78	76
12:00	81	69	70	69	63	66	65	70	68	71	76	72	70
13:00	74	63	64	63	58	60	60	64	62	63	69	66	64
14:00	68	57	58	59	54	57	56	60	56	58	63	60	59
15:00	63	53	54	56	52	54	53	56	53	55	60	57	56
16:00	62	52	53	55	51	53	52	55	52	54	59	56	54
17:00	62	52	53	55	51	54	52	55	53	55	60	57	55
18:00	65	54	55	57	53	56	54	57	55	58	64	60	57
19:00	68	57	59	60	56	59	57	61	59	63	68	63	61
20:00	72	61	63	65	60	63	62	66	64	67	72	66	65
21:00	75	64	67	69	65	68	66	70	69	71	75	68	69
22:00	77	66	70	73	69	73	71	75	73	73	76	69	72
23:00	79	67	73	76	72	76	75	78	77	76	78	70	75
0:00	79	69	75	78	75	79	78	82	79	78	79	70	77
Absolute													
Maximum	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Minimum	43	40	38	43	37	44	41	39	39	39	43	43	41
Average	77	67	71	73	69	73	72	76	73	74	76	69	72

REL. HM. (%)	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
MAXIMUM	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
MINIMUM	43	40	38	43	37	44	41	39	39	39	43	43
AVERAGE	77	67	71	73	69	73	72	76	73	74	76	69

Los condicionantes climáticos dividen el clima del País Vasco en tres microclimas generales.

- **Invernal (Enero, Febrero, Marzo, Abril, Noviembre y Diciembre).** La invernal es la más larga y dura con una temperatura media de 10,6 °C y el 93,1% de días cubiertos o nublados. La humedad relativa es de 71,1% y las precipitaciones suelen ser cerca de 1000-1200 mm.
- **Otoño-primavera (Mayo, Junio y Octubre).** A lo largo de los dos meses anteriores del verano y el Octubre el

clima vasco mantiene una temperatura media de 16,2 °C. El cielo se mantiene despejado durante el 8,4% de los días durante esta época y la humedad media es de 72% y las precipitaciones de 100-300 mm.

- **Verano (Julio, Agosto y Septiembre).** A pesar de que el verano sea fresco, con una temperatura media de 19,7 °C y con una humedad de 73,3% y que el cielo esté cubierto en alrededor de 90% de los días, históricamente las temperaturas han ascendido a máximos de 40 °C.

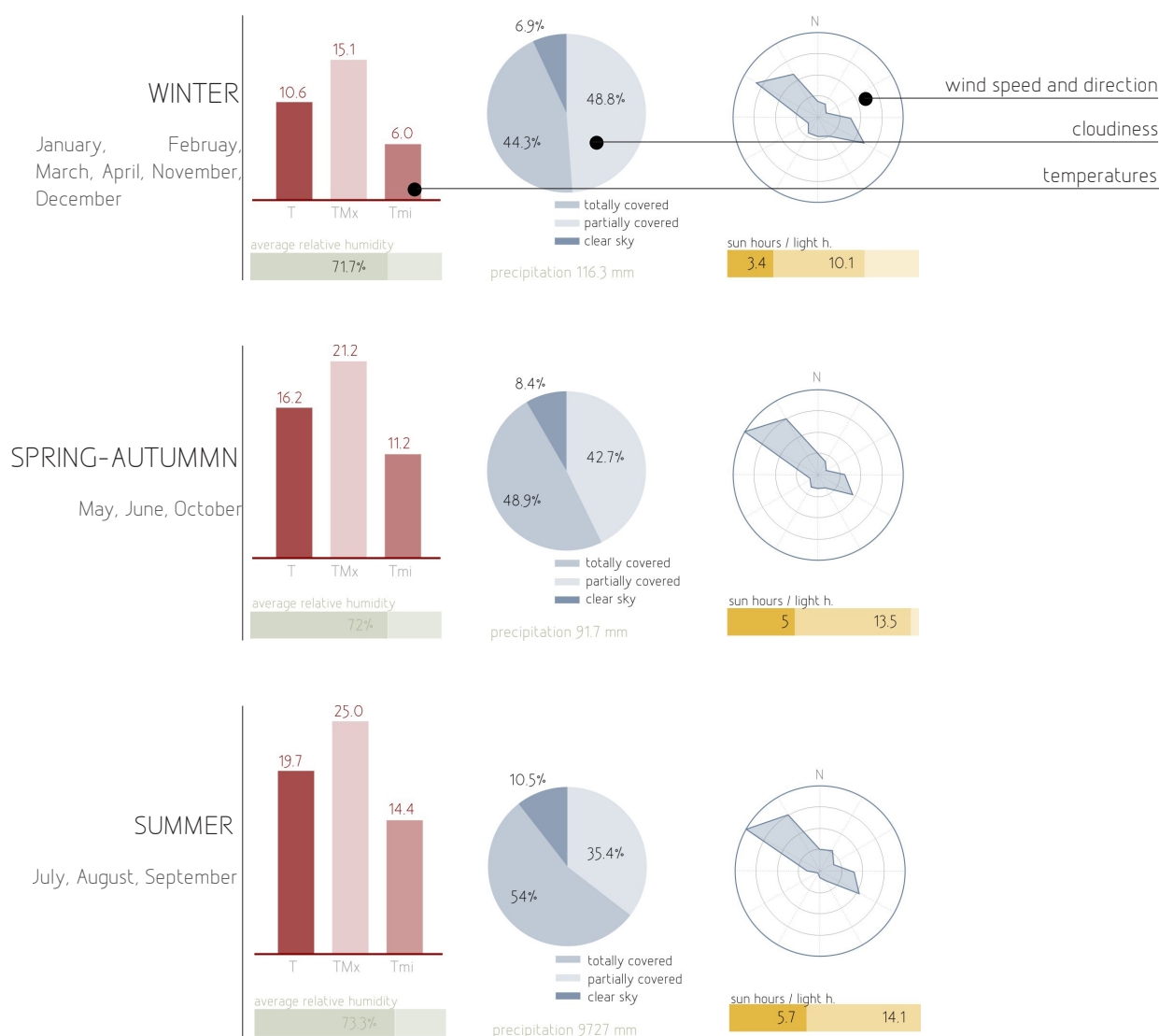


Fig. 107. Basque humid weather characteristics

6.2.3. Estrategias energéticas hacia el confort higrotérmico

En los siguientes esquemas se vinculan los datos climáticos con el confort higrotérmico.

- **Estado térmico.** Por lo que respecta al estado térmico existe una necesidad general durante todo el año de ganancia térmica para llegar a los estándares de confort. Las mañanas lógicamente son más frías y en los meses de Julio, Agosto y Septiembre hay cierta posibilidad de disconfort de sobrecalentamiento.

Tal y como se ha comentado la inercia del

mar proporciona un clima templado que evita picos de calor y frío por lo que no requiere de esfuerzos térmicos puntuales sino de una carga continua.

- **Estado higrométrico.** La humedad relativa media anual muestra dos franjas con distinto carácter que no se diferencian respecto a las estaciones, sino por las variaciones horarias. Las mañanas son más húmedas con una media de 77% de HR, y a causa de la radiación solar, para la tarde el ambiente se seca, consiguiendo confort higrométrico. Véase Fig. 100.

JRDAIBAI

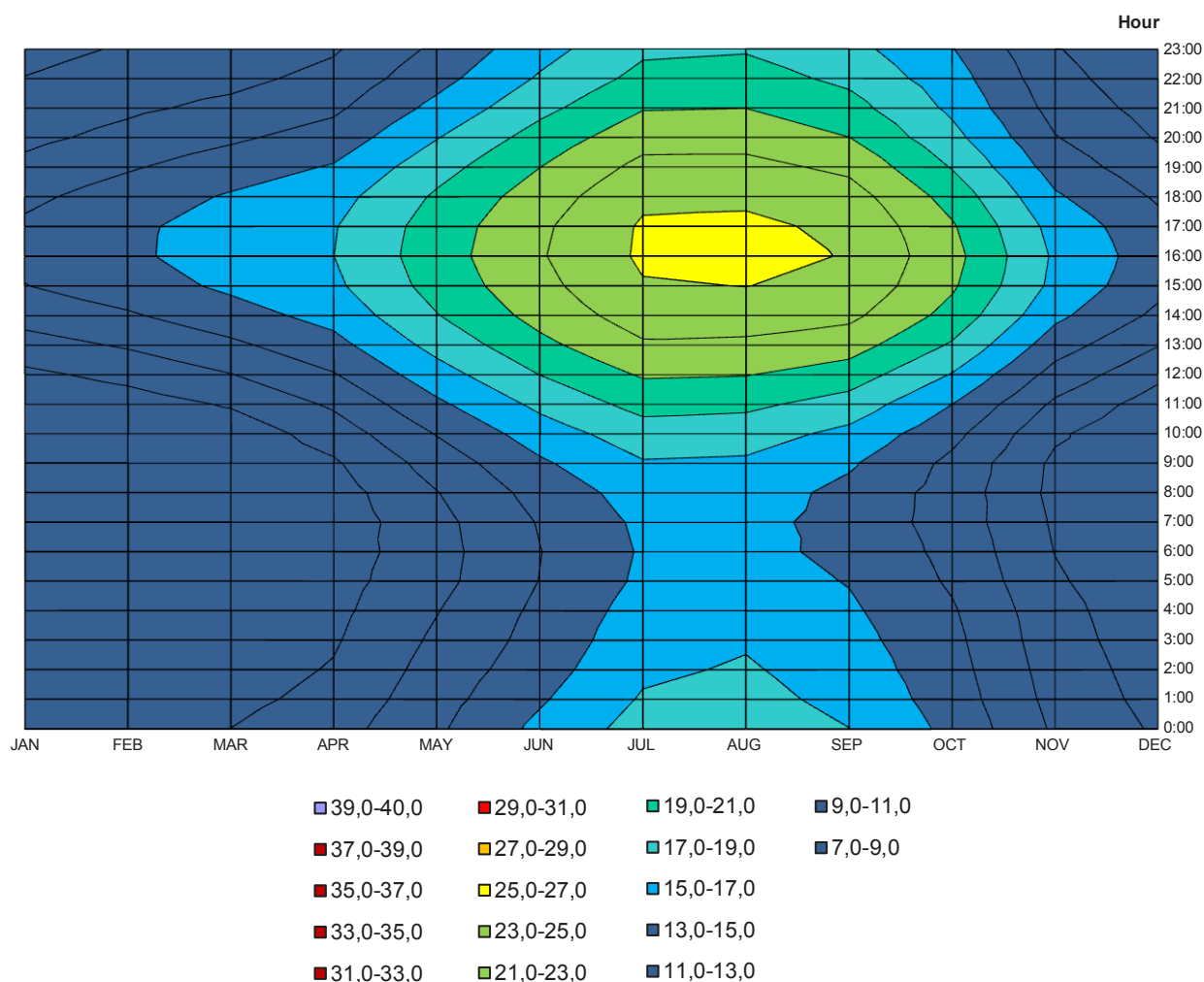


Fig. 108. Basque climate thermal behavior

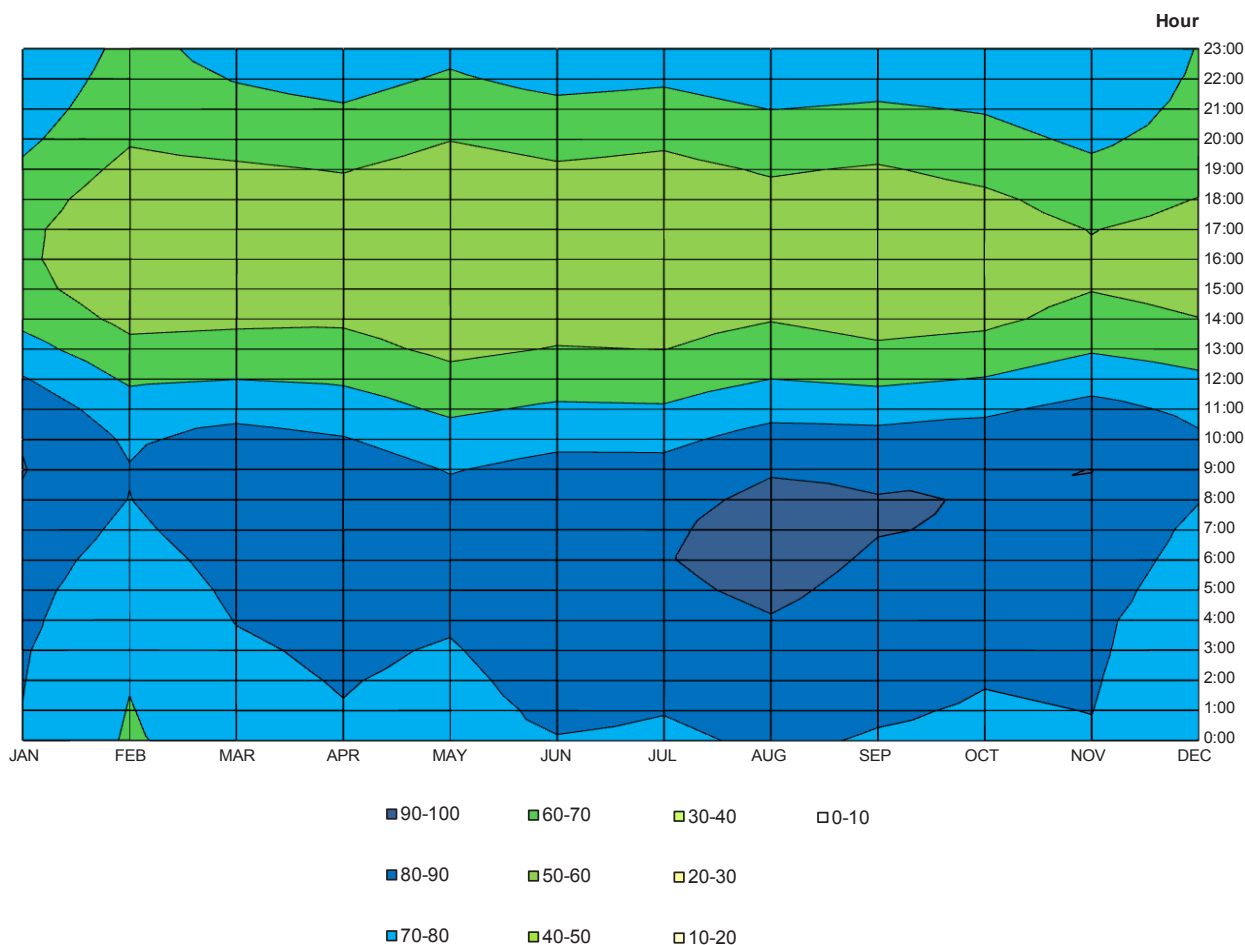


Fig. 109. Basque climate higrothermic behavior

Una vez analizadas las condiciones higrotérmicas ambientales se detectan las estrategias bioclimáticas más eficientes para el clima.

6.2.3.1. Estrategias bioclimáticas para clima de Urdaibai

El diagrama de Givoni sitúa el edificio entre las condiciones externas e internas con el objetivo principal de determinar los materiales, los sistemas constructivos y las estrategias bioclimáticas que posibiliten un ambiente interior en bienestar higrotérmico.

Givoni contempla el confort dentro del rango térmico de 20-27 °C y de una oscilación de 20-80% en la humedad relativa. Existen dos líneas límite

en el gráfico en la intersección de 24 °C y 80 % de HR y la de 27 °C y 50 %. Éstos son por ejemplo los valores que se contemplan para los estudios de Passive Houses (Schnieders, Feist et al. 2015).

De manera que se vuelcan los datos climáticos del País Vasco en base a las temperaturas ambientales y a la humedad relativa anual.

Se realizan las interpretaciones desde la lectura del diagrama de Givoni:

- Durante los meses de invierno, incluido los meses templados, las condiciones externas requieren ganancias térmicas para conseguir los niveles de confort. Pues 88% de las horas se encuentran en zonas de desconfort.
- La humedad relativa se encuentra todo el año en valores altos, con una media de 72%. Son muy reducidos los días de que la humedad baje hasta 40 %
- El soleamiento se convierte en un factor sustancial. A pesar de que el 92% de los días están parcial o totalmente cubiertos existe un contundente aporte solar pasivo de 1.600 kWh/m² por año. Estas ganancias en verano crean algunas horas de sobrecalentamiento que se pueden

evitar con un control solar correcto y con una adecuada ventilación natural.

Además si se le añade el uso de materiales con gran calor específico, densidad y conductividad, se le proporcionará al edificio de una inercia térmica que permite evitar aún más los picos de desconfort, manteniendo las condiciones térmicas internas con menos oscilaciones. De manera que los materiales con masa térmica en combinación con materiales aislantes posibilitarían un funcionamiento pasivo que adapta de manera sencilla y natural la construcción en este su entorno climático.

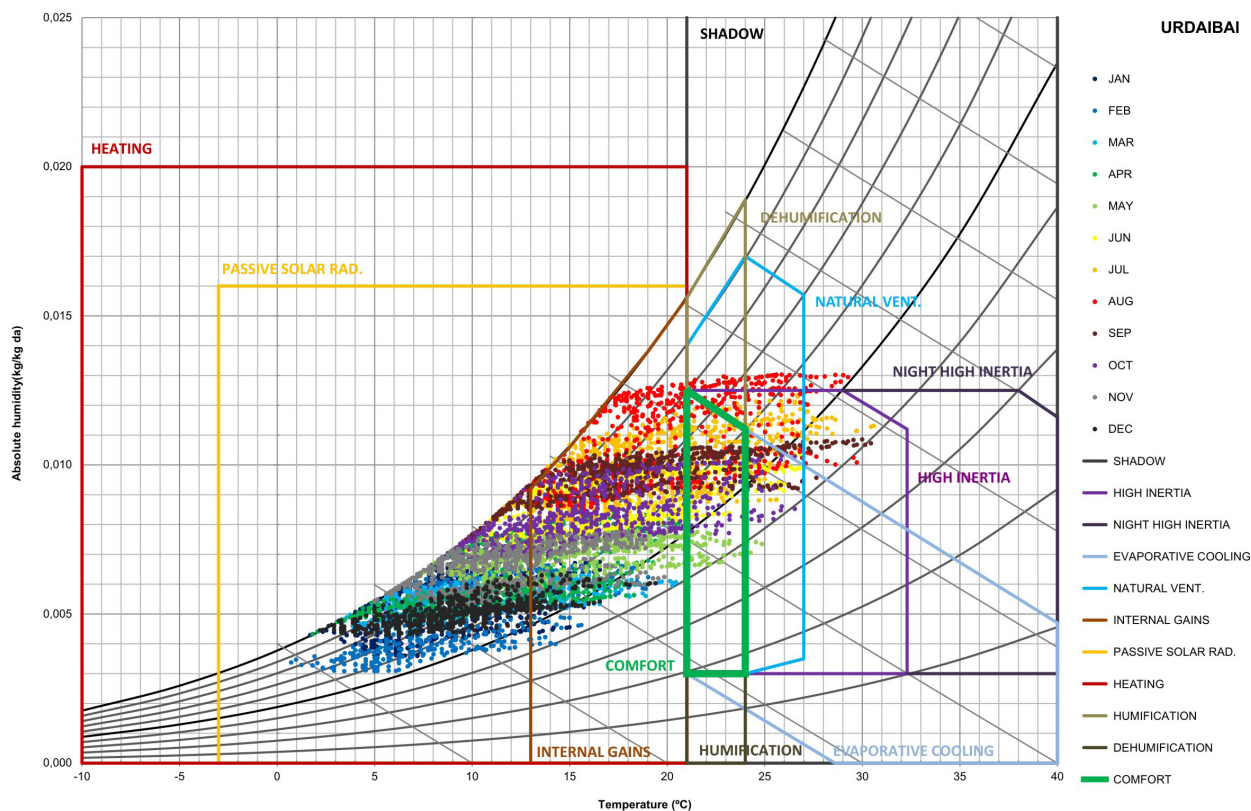


Fig. 110. Givoni diagram of the Basque humid weather

6.3. LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO

El siguiente paso se basa en un levantamiento arquitectónico del caserío. Se crea un documento base donde se puedan plasmar las interpretaciones de las investigaciones y que sirva de base para la creación del modelo simplificado de simulación energética.

6.3.1. Medición

La medición del caserío se realiza entre los días 22 al 26 de Abril de 2012 mediante las siguientes herramientas:

- Medidor de láser COMAXpro CLL3257KIT-LL
- Medidor de distancia ultrasónica digital Seiko HC-1000



Fig. 111. Medidor de láser HC-1000 (Seiko)

- Nivelador rotativo de láser COMAXpro CLL3257KIT-LL
- Cinta métrica
- Nivel de vasos comunicantes

6.3.2. Levantamiento

Se recopilan los datos de la medición y se crea un documento 3D en BIM con el que se pueda exportar toda la documentación gráfica necesaria. Se presentan los planos general del caserío Torre. Véase Fig. 103, siguiente hoja.

6.3.3. Características de Torre

- **Las cotas principales.** El caserío presenta una planta útil total de 274 m², con una ocupación de 160 m² y 365 m² de superficie construida total. La cumbrera está a 8,23 m de altura en la fachada principal mientras los aleros Norte y Sur están a 5,68 m y el balcón central a 3,01 m. Internamente existe una diferencia de cota de 0,32 m entre la cocina y la cuadra.
- **Etarte asimétrico.** Si existe un rasgo que distingue el caserío Torre de los demás, éste es el etarte asimétrico. Pues el espacio adyacente al hueco inferior Norte de la fachada principal no pertenece a un espacio interior.
- **Huecos.** Una de las características más destacables de las construcciones de muros de piedra es el reducido ratio hueco/muro de su envolvente ("*window to wall ratio*" en inglés). Pues la lógica constructiva y estructural de la misma sólo permite crear una cantidad reducida de huecos y además requiere que su geometría sea de proporción vertical.

En el caserío Torre, la fachada principal tiene diez huecos distribuidos de forma simétrica, donde destacan las dos puertas de la primera y segunda planta. Retranqueado se esconde en el etarte la puerta principal. Por lo que respecta a la fachada sur, actualmente se encuentran siete ventanas de distintas dimensiones, lo cual demuestra que ha habido una evolución con el paso de los años. La fachada trasera o el oeste por el otro lado, es un paño totalmente ciego donde no resalta ningún alero de la cubierta ni una tercera vertiente en forma de cola de milano. Para terminar, aparecen tres ventanas en

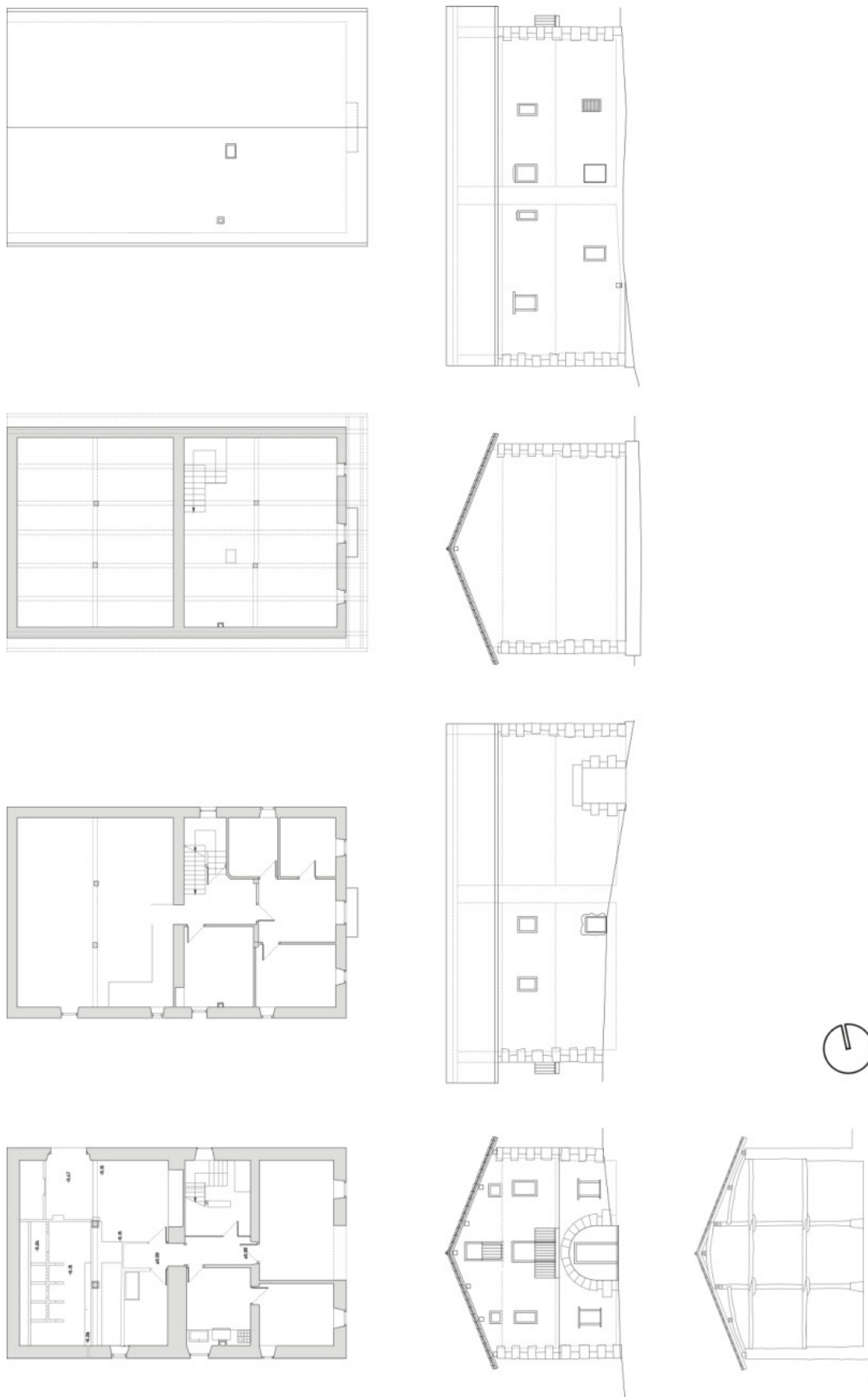


Fig. 112. Torre *baserrí*'s plans

la fachada oeste y la puerta de entrada a la cuadra que en la cara externa es de 1,58 m.

- **Estructura.** La estructura de Torre, como suele ser común en los caseríos, se fundamenta en pórticos de madera que sujetan los forjados internos y la cubierta, y perimetralmente destaca el muro de mampostería de que varía su espesor entre 500-600 mm.

Las características de los materiales se analizan en el apartado “6.4. Caracterización de los sistemas constructivos”. Este es un factor fundamental para configurar el modelo de simulación debido a distintos comportamientos higrotérmicos e higroscopios de cada material. De manera que se caracterizan dentro de las posibilidades que existen en esta investigación.

6.3.4. Estratigrafías de la envolvente

Además del levantamiento arquitectónico exhaustivo se realiza una lectura estratigráfica de la envolvente con el fin de disponer de una base para una futura evaluación patrimonial del inmueble -ver apartado 4.3.5 y 4.3.6- y detectar alguna posible transformación histórica que pudiese concluir en un factor sustancial en el comportamiento higrotérmico del edificio.

El caserío Torre en concreto no representa en especial un elemento de gran valor patrimonial en comparación con otros caseríos debido a su poca relevancia arquitectónica, histórica, cultura e inmaterial.

Para la lectura estratigráfica primero se detectan las unidades en la envolvente y se plasman en un listado. Este listado debería servir para la configuración de la matriz donde se asigna cada una de las unidades a una época concreta, concluyendo así en una lectura evolutiva clara.

LISTADO DE UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS		
<u>Nº</u>	<u>NOMBRE</u>	<u>PLANOS</u>
1	Corte	Interfaz
2	Relleno	Depósito
3	Corte ventana	Interfaz
4	Corte puerta	Interfaz
5	Corte puerta	Interfaz
6	Corte ventana	Interfaz
7	Relleno	Depósito
8	Corte [desgaste]	Interfaz
9	Relleno ventana	Depósito
10	Relleno ventana	Depósito
11	Relleno ventana	Depósito
12	Relleno	Depósito
13	Relleno ventana	Depósito
14	Relleno ventana	Depósito
15	Relleno ventana	Depósito
16	Relleno ventana	Depósito
17	Relleno ventana	Depósito

Fig. 113. Stratigraphic units of Torre farmhouse

Se generan los planos con las unidades:



Fig. 114. Stratigraphic units of Torre

Y se le asigna un color a cada transformación:



Fig. 115. Stratigraphic reading of Torre farmhouse

Tal y como se ha mencionado el caserío Torre debido a su corta edad y a sus calidades constructivas no es un elemento de gran valor cultural. Tampoco muestra una evolución importante, pues a pesar de que se hayan diferenciado las épocas de las unidades en los planos, todas esas transformaciones se fechan en el siglo XX.

En conclusión, en el último apartado de la experimentación cuando se equilibran las intervenciones por su rendimiento energético y alteración patrimonial, el segundo factor variará en menor medida que en otro caserío de más interés patrimonial -ver apartado 9.1.-

6.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

6.4.1. Muro de piedra

El muro de piedra exterior de 600 mm del caserío se compone de dos hileras de mampostería de caliza blanda con relleno de arena y grava. Actualmente todas sus fachadas se encuentran rejuntadas con cemento menos la fachada principal que se cubre con un revoco de mortero de cal. En plantas superiores su sección se reduce a 500 mm aproximadamente.

Los muros de caliza aportan una gran inercia térmica al caserío debido a la alta conductividad

de 1,5 W/m·K, calor específico de 720 J/kg·K y densidad de 2.180 kg/m³ de la caliza.

6.4.2. Elementos constructivos de madera

A la hora de analizar los elementos madera, se detectan 5 distintos puntos de la estructura según su ubicación ambiental, función estructural y el aparente deterioro. Así después se determina el material de los sistemas constructivos.

6.4.2.1. Identificación de los elementos de madera

El día 20 de Julio de 2012 se extraen 5 muestras de al menos 20 x 20 x 20 mm de los puntos previamente establecidos. Estas son enviadas al laboratorio del Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal de la Universidad de Valladolid, donde el profesor de Tecnología de la Madera de la E.T.S. de Ingenierías Agrarias, Dr. Luis Acuña Rello, las recibe el 24 de Julio de ese mismo año.



Fig. 117. Extracting wooden structure samples

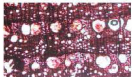

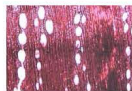

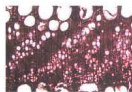


MUESTRA	ELEMENTO CONSTRUCTIVO	UBICACIÓN		HUM. SUPERFICIAL	VASOS	RADIO	PATOLOGÍAS	CORTE TRANSVERSAL	CORTE TANGENCIAL	ESPECIE
		PLANTA	PARTE							
Muestra 1	Viga de la cuadra	0	Norte	81	Sí	Anillo poroso	-	-	-	<i>Castanea sativa</i> Gaertn.
Muestra 2	Pilar del pajar	1	Norte	74	Sí	Leñosos homogéneos y uniserados [entre 10 y 25 células]	presenta un importante ataque de hongos. Se aprecia gran cantidad de hifas que proliferaron en el interior de los elementos anatómicos			<i>Castanea sativa</i> Gaertn.
Muestra 3	Vigueta forjado	1	Sur	40	Sí	Leñosos homogéneos y uniserados	-			<i>Quercus robur</i> L. o <i>Quercus petraea</i> Liebl.
Muestra 4	Vigueta tejado	2	Sur	75	Sí	leñosos homogéneos y uniserados [entre 10 y 25 células]	-			<i>Castanea sativa</i> Gaertn.
Muestra 5	Pilar de la cuadra	0	Norte	83	Sí	Leñosos homogéneos y uniserados	-	-		<i>Quercus robur</i> L. o <i>Quercus petraea</i> Liebl.

Fig. 118. Summary of the characterization of the wooden samples

Se realiza un informe con la identificación de cada muestra. Ver Fig. 106 o más información en el anexo 13.2.

Esta identificación demuestra que los tipos de madera utilizados en la construcción son las que previamente se podrían intuir. Tal y como es habitual en los caseríos de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai prevalecen el roble común y el castaño.

6.4.2.2. Forjado interno de madera

Una vez identificado el tipo de madera utilizado en el caserío, se detecta que el forjado interno es de entablado de 30 mm de roble, que dispone de las siguientes características térmicas: Conductividad de 0,19 W/m·K, calor específico de 2.390 J/kg·K y densidad de 700 kg/m³

6.4.3. Cubierta

La cubierta es de teja de 15 mm apoyada en un entablado de madera de castaño.

En los cálculos se discrepa la madera debido a

que las tablas entre sí están separadas con el fin de ventilar los espacios bajo cubierta. Por lo tanto se considera que la teja de alta conductividad se encuentra en contacto directo con el espacio inferior.

6.4.4. Acristalamiento

Por lo que respecta al acristalamiento, el caserío Torre presenta un vidrio simple de 3 mm que permite el aporte de iluminación natural. Pero debido a la carencia de cámaras y vidrios más tecnológicos, la transmitancia térmica es de 5,4 W/m²·K.

6.4.5. Tabiques interiores

Los tabiques internos están compuestos por ladrillos cerámicos rejunteados y raseados por mortero de cal. Ésta composición presenta una transmitancia de 1,69 W/m²·K con un espesor de 120 mm.

6.4.6. Lista de materiales

Este es el resumen de los elementos constructivos del caserío Torre con sus características térmicas.

ELEMENT	layers	THICKN. m	CONDUCT. W/(m·K)	DENSITY kg/m ³	SPC. HEAT CAP. J/(kg·K)	TRANSM. U W/m ² ·K
ROOF		0,045				2,310
	Clay tile	0,015	0,84	1900	800	
	Timber flooring	0,03	0,14	650	1200	
EXTERNAL STONEWALLS		0,63				1,730
	Limestone	0,22	1,5	2180	720	
	Limestone	0,18	1,5	2180	720	
	Limestone	0,22	1,5	2180	720	
	Plaster (lightw.)	0,01	0,16	600	1000	
INTERNAL CEILINGS		0,03				2,330
	Timber flooring	0,03	0,19	700	2390	
INTERNAL WALL		0,12				1,690
	Plaster (lightw.)	0,01	0,16	600	1000	
	Birckwork	0,1	0,62	1700	800	
	Plaster (lightw.)	0,01	0,16	600	1000	
GROUND FLOOR		0,58				0,480
	Cultivated Peat Soil 133%	0,5	0,29	700	3300	
	Air gap	0,05				
	Timber flooring	0,03	0,14	650	1200	
WINDOWS	Single Glazed					5,400

Fig. 119. List of the constructive elements of Torre *baserri*

6.5. MONITORIZACIÓN HIGRÓTERMICA DEL CASO ESTUDIO

La monitorización del caso estudio es por un lado la herramienta para conocer con exactitud el comportamiento higrotérmico intrínseco del caserío y por el otro, es la base para calibrar y verificar la simulación energética por ordenador. De manera que se puede realizar la experimentación con rigor para valorar la eficiencia de las estrategias energéticas de intervención.

6.5.1. Loggers

Para la monitorización higrotérmica del caserío Torre se instalan tres loggers de tipo HOBO U10-003 (ver Fig. 109) a lo largo de 18 meses: desde el 25 de Enero de 2013 hasta el 25 de Junio de 2014. El objeto principal es realizar el ciclo completo de recogida de datos a lo largo de un año para entender el comportamiento del caserío durante las cuatro estaciones.

- **Logger 1: Temperaturas exteriores.** El primer logger se sitúa en el exterior para adquirir datos climáticos reales a lo largo de la monitorización interna del caserío.

- **Logger 2: Cocina.** La condición de la cocina como espacio principal para la vida diaria de los *baserritarras*, exigía unos niveles de confort superiores a otros espacios. En esta medición se cuantifica su comportamiento pasivo sin ninguna ganancia activa como es la cocina económica.
- **Logger 3: Cuadra.** Se monitoriza la cuadra con el objetivo de contrastar la variación higrotérmica entre la cocina y este espacio que solía albergar los animales en unas condiciones no tan exigentes.



Fig. 121. HOBO U10-003 logger (Onset Computer Corporation 2005)

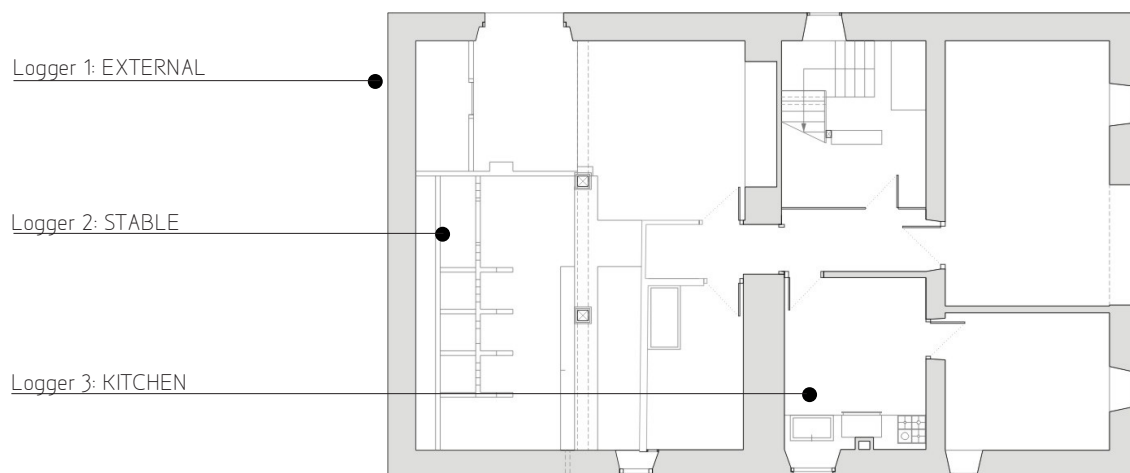


Fig. 120. Higrothermal loggers

6.5.2. La variable climática

Antes de analizar el comportamiento del caserío desde las mediciones, se debe tener en cuenta que los datos climáticos analizados previamente y los de la monitorización son distintos. Esto es debido a que los loggers dan el resultado del comportamiento específico del caserío durante un período concreto y los datos analizados, que son los que se utilizan para la simulación, se basan en una media histórica. Por lo tanto se considera que existirá cierta diferencia entre los dos casos.

El período de la monitorización es de 25 de Enero de 2013 hasta el 25 de Junio de 2014, y los datos climáticos históricos se basan en la base de datos SWEC realizado por el equipo de EnergyPlus con la colaboración de universidades y gobiernos estatales.

Se comparan los dos datos climáticos y se exponen las diferencias:

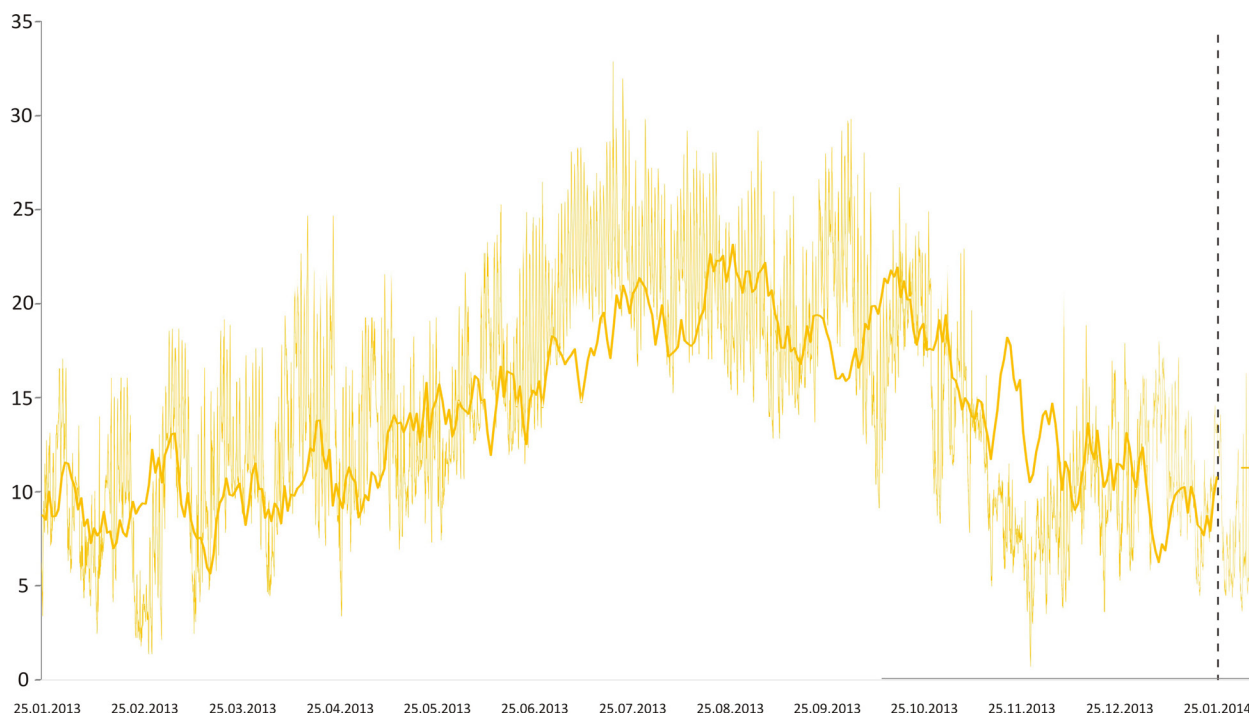


Fig. 123. The comparison between the SWEC and monitorized climatic data

6.5.2.1. Valores térmicos

- **Valores parecidos.** A pesar de que el clima del año 2013 muestra variaciones respecto al promedio histórico del archivo SWEC, los datos monitorizados responden a las medias de un ciclo típico del clima vasco.
- **Radiación en el logger.** La gráfica de la monitorización exterior manifiesta unos picos térmicos producto de la radiación directa que afecta al logger exterior situada en la cara oeste del caserío. Por lo tanto el valor de los picos producido en las últimas horas de las tardes no son de considerar.
- **Menos horas de discomfort.** Generalmente los meses más fríos se alargan, a pesar de que los días más calurosos mantienen las temperaturas durante más horas. Por ello hay menos horas de discomfort a lo largo del año, 84% respecto 88% de lo habitual.

- **Temperaturas medias.** El 2013 es un año con invierno más templado pese a que en Febrero existe una caída de temperaturas. Los meses Marzo y Mayo son más fríos, mientras el mes de Abril es

más caluroso que el habitual. A partir de Julio y Junio corresponden a promedios térmicos típicos.

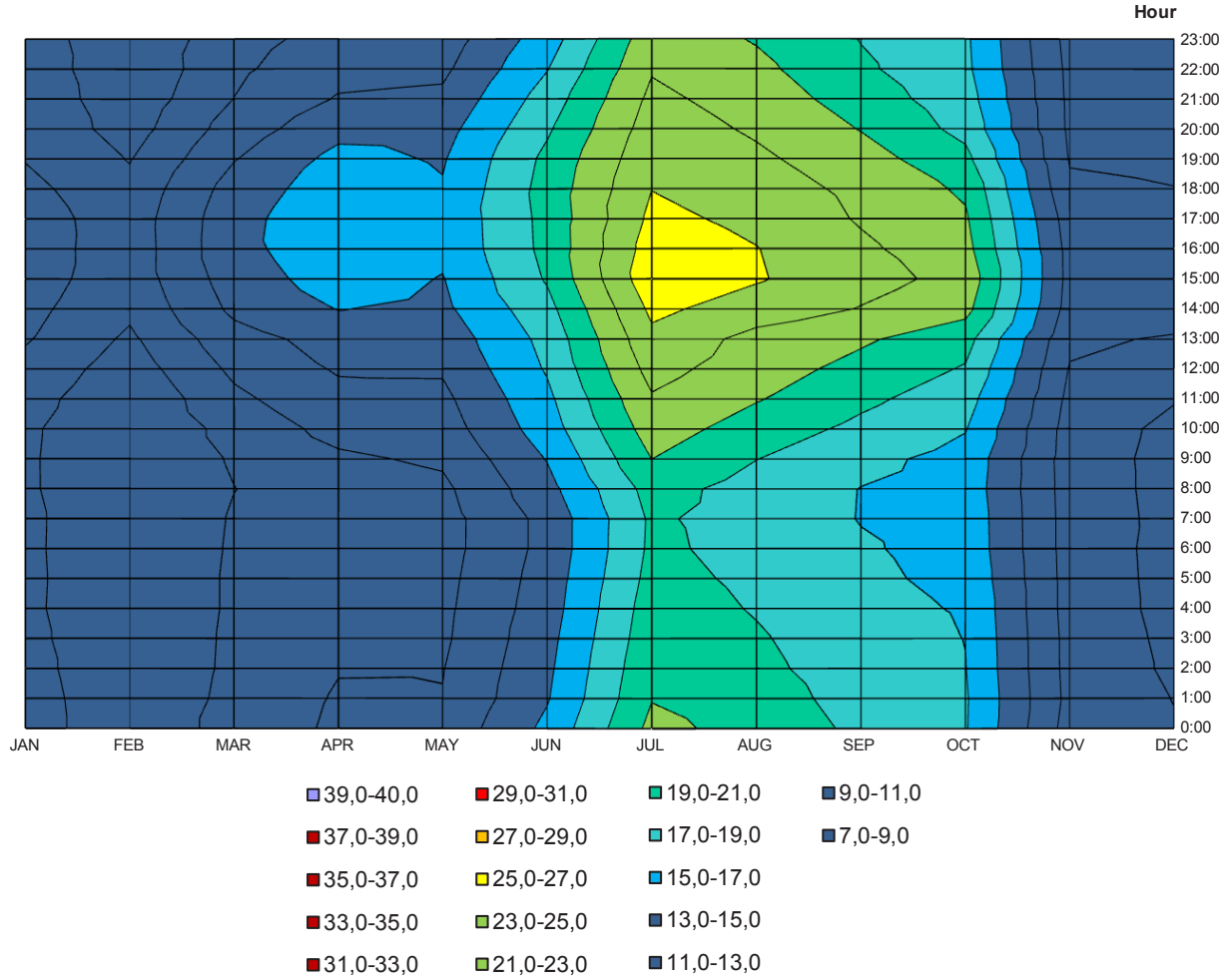


Fig. 124. Torre's monitorization anual dry temperature

TEMP. (°C)	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Max DB	16,6	19,3	21,1	21,0	24,9	27,1	30,6	29,7	30,5	26,6	19,9	19,4
Max 2013	18,0	16,1	18,6	24,6	21,5	25,8	31,8	29,1	29,1	29,8	22,6	20,1
Min DB	1,7	0,7	3,3	1,8	6,1	9,7	11,7	11,1	9,7	8,3	5,0	2,2
Min 2013	4,4	1,3	2,3	3,4	6,8	10,7	16,7	15,2	12,8	8,3	0,8	3,5
Average DB	8,9	9,6	10,4	11,7	14,6	17,3	19,7	19,9	18,8	16,0	11,8	9,5

Fig. 125. Monitorization and EUSKALMET anual dry temperatures' comparison

6.5.2.2. Valores higrométricos

- **Año más húmedo.** En general el 2013 es un año más húmedo con un 78% de humedad relativa de media. Destacan los datos de Febrero, Mayo y Noviembre que son 15% más húmedos que los promedios anteriores. Casualmente, los meses de Agosto y Octubre son entre 6-8% más secos.

- **Variación higrométrica diaria.** Los datos de la humedad relativa de la monitorización no muestran la diferencia que existe en los datos históricos entre las horas tempranas y tardías del día. De hecho, los valores son justamente adversos. Según el logger exterior las mañanas son más secas que las tardes.

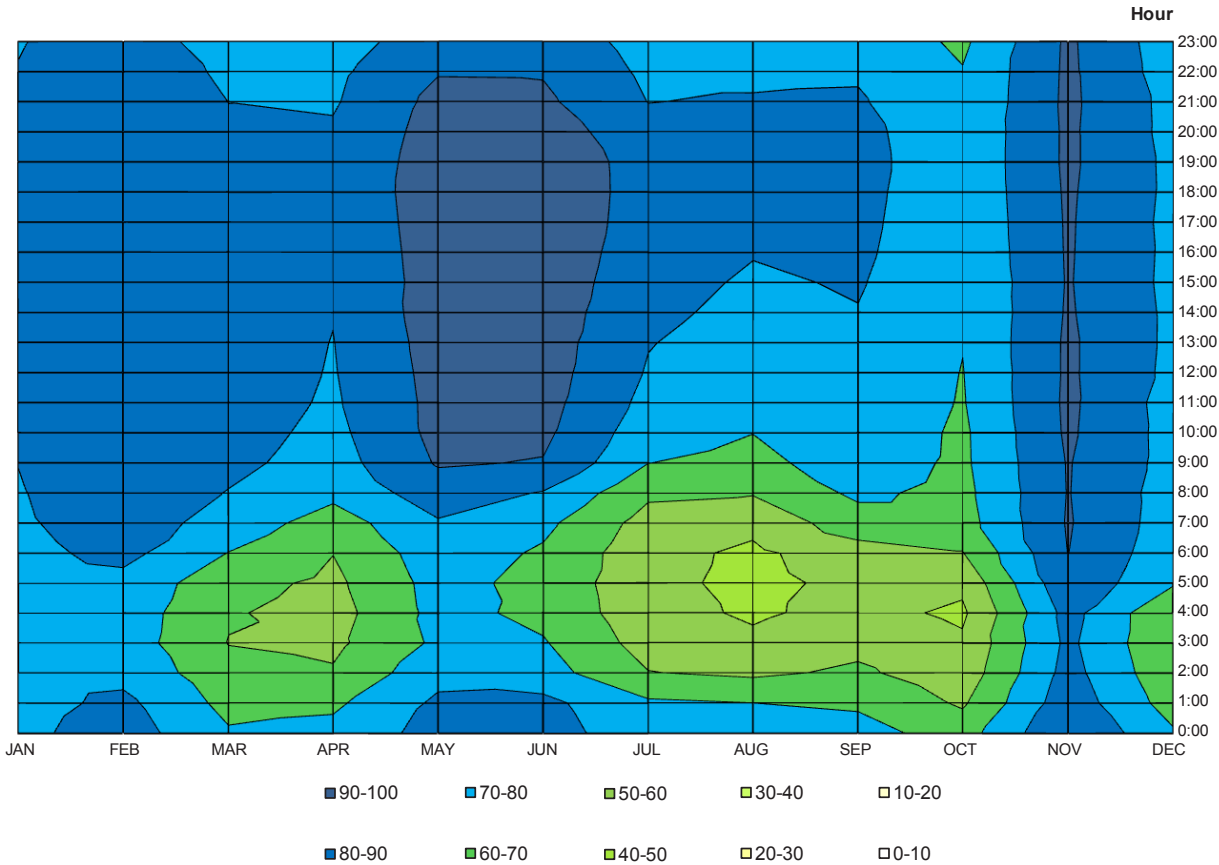


Fig. 127. Torre's monitorization annual relative humidity

Según el logger exterior las mañanas son más secas que las tardes.

REL. HM. (%)	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Max DB	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Max 2013	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Min DB	43	40	38	43	37	44	41	39	39	39	43	43
Min 2013	30	48	31	22	39	37	30	22	25	24	38	30
Average DB	77	67	71	73	69	73	72	76	73	74	76	69

Fig. 128. Monitorization and EUSKALMET annual relative humidity comparison

Por lo tanto éste análisis demuestra que existen ciertas variaciones entre los dos datos climáticos, de manera que es lógico encontrarse con ciertas diferencias en las lecturas higrotérmicas del caserío entre la simulación y la realidad.

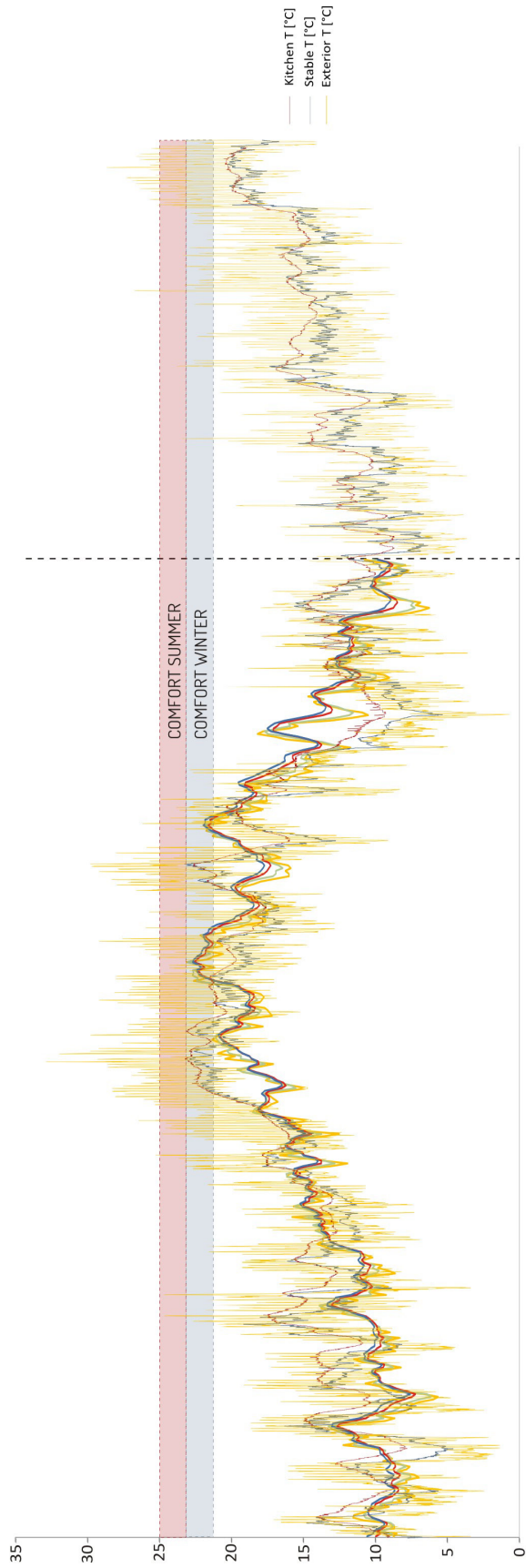
Una vez recopilada la información de la monitorización se lleva a cabo el análisis higrotérmico.

6.5.3. Comportamiento higrotérmico desde la monitorización del caserío Torre

6.5.3.1. Resultado de la monitorización

Los resultados de la monitorización se resumen en los gráficos de la siguiente hoja o en el anexo 13.3.

MONITORIZATION DRY TEMPERATURES 25.01.2013 to 25.06.2014



MONITORIZATION RELATIVE HUMIDITY 25.01.2013 to 25.06.2014

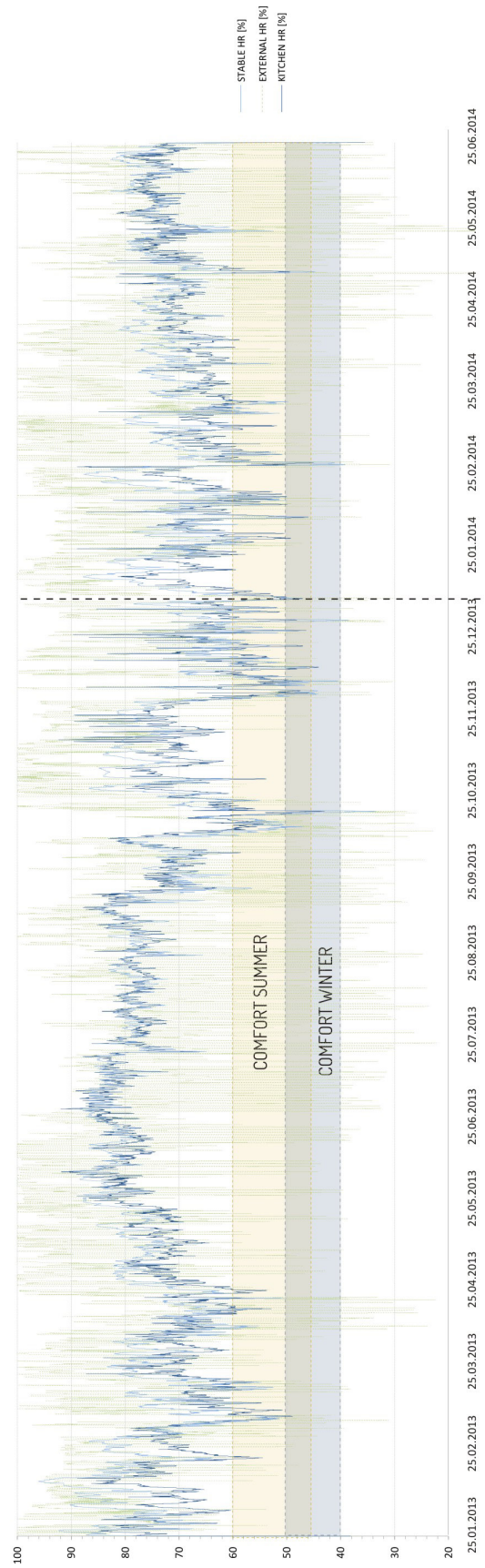


Fig. 129. Monitorization results

6.5.3.2. Características del comportamiento higrotérmico

- **Inercia térmica.** La primera característica a destacar es la inercia térmica del caserío. El edificio amortigua los picos exteriores manteniendo los valores higrométricos interiores más templados. La temperatura exterior llega a un máximo de 32,81 °C, mientras la cuadra y la cocina no superan los 23,30 °C durante el año 2013.

Respecto a las temperaturas mínimas, la cuadra llega a estar a 4,6 °C y las condiciones externas a 0,67 °C. La cuestión es que la cocina consigue mantenerse en condiciones más templadas y no baja de 7,78 °C sin ningún tipo de ganancia. Esta circunstancia se fundamenta en la gran masa térmica que disponen los muros que configuran esta zona, además de las reducidas dimensiones del espacio.

- **Ambiente húmedo.** La monitorización corrobora que el caserío es una

construcción húmeda por dentro. La humedad relativa anual de media en la cuadra es de 73,98 % y en la cocina 70,32 %. Esto es debido a que a la alta humedad relativa exterior – HR media anual es de 77 % - y a la falta de ventilación y de capacidad de evaporación y transpirabilidad del edificio. Aquí la envolvente de mampostería de piedra juega un papel crucial, que a pesar de que la caliza y el mortero sean materiales porosos y transpirables, el espesor del muro dificulta este efecto.

Las máximas anuales llegan externamente a niveles de saturación, es decir al 100% de HR, mientras la de la cuadra es de 94,97 % y de la cocina 91,93 %. Valores que están muy lejos de la zona de confort y que maximizan el riesgo de mohos. Pues, estos pueden aparecer cuando una superficie de un material está por debajo de 15.5 °C en niveles de humedad de 60 %, o cuando está por debajo de 12.6 °C en HR de 50 % (3encult 2015, p.20).

	STABLE		EXTERIOR		KITCHEN	
	T [°C]	HR [%]	T [°C]	HR [%]	T [°C]	HR [%]
Jan-13	9,57	81,97	8,83	84,97	10,96	73,07
feb-13	10,09	71,54	9,90	75,86	11,44	65,80
March-13	12,76	72,70	12,57	76,29	14,16	68,17
April-13	12,59	76,09	12,57	85,12	14,02	70,61
may-13	14,35	82,88	14,94	88,58	15,09	79,11
June-13	19,67	83,33	21,74	73,47	20,10	82,29
July-13	20,67	78,81	21,93	68,20	21,63	78,29
Aug-13	18,51	79,02	18,97	76,09	19,21	78,50
sep-13	19,08	68,96	19,69	64,65	19,58	70,91
Octo-13	14,16	73,28	12,85	85,52	15,67	67,74
nov-13	9,93	66,62	8,94	74,78	11,18	64,02
Dec-13	11,76	64,24	10,70	75,49	12,60	61,49
Jan-14	9,81	70,86	9,13	80,49	10,79	65,53
feb-14	10,92	70,63	10,60	83,80	12,58	63,79
March-14	13,29	70,09	13,77	80,85	14,58	64,68
April-14	14,26	72,27	15,48	69,13	15,18	68,33
may-14	17,25	74,30	18,95	67,28	17,61	73,11
AVERAGE	14,04	73,98	14,21	77,09	15,08	70,32
MAX	23,29	94,97	32,81	100,00	23,20	91,93
MIN	4,62	35,91	0,67	15,00	7,78	38,08

Por otro lado, los valores de la humedad relativa mínima son de 35,91 % en la cuadra y de 38,08 % en la cocina. Éstos aunque se encuentran fuera del rango de confort más exigente, son valores asumibles para la gran variedad de rangos y usos.

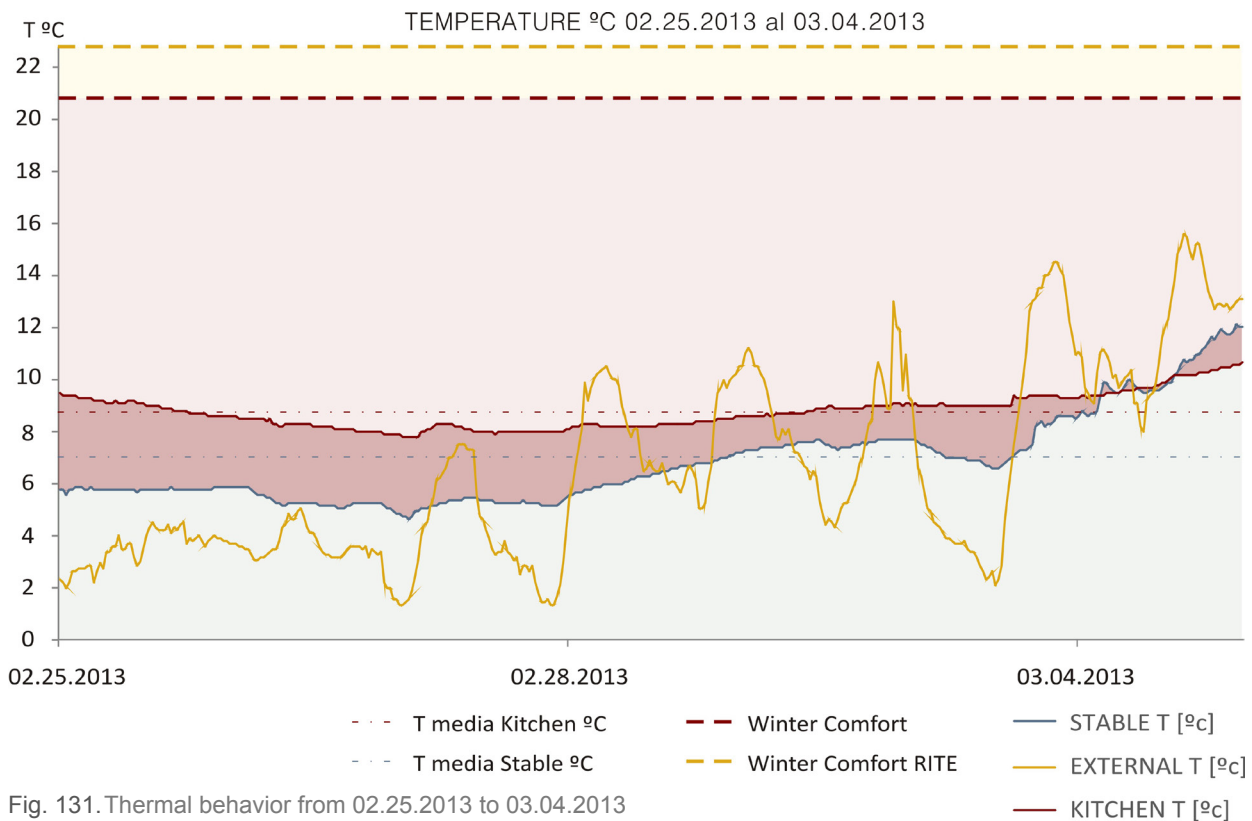
En cuanto a las condiciones exteriores, la humedad relativa mínima es de 15 %. Este valor debe resultar a causa de un error en la monitorización del caserío causado por la radiación solar directa que sufre en ese momento el logger. El clima vasco no suele llegar a esos extremos.

A partir de este punto se analiza el comportamiento higrotérmico del caserío en las condiciones más desfavorables.

6.5.4. Características del comportamiento higrotérmico durante la semana más fría

6.5.4.1. Comportamiento térmico de la semana más fría

El siguiente gráfico muestra la respuesta del caserío a lo largo de las semanas más frías del período de monitorización.



	STABLE T [°C]	EXTERIOR T [°C]	KITCHEN T [°C]
MEDIA	6,81	6,55	8,76
MAX	12,11	15,57	10,65
MIN	4,62	1,33	7,78
DESFASE	7,49	14,24	2,87

Fig. 132. Summary of the thermal behavior from 02.25.2013 to 03.04.2013

En términos térmicos, la masa térmica de la envolvente evita los picos en las temperaturas internas. Sin ningún tipo de ganancia el promedio térmico de la cocina es de 8,76 °C con un mínimo de 7,78 °C mientras las temperaturas externas bajan hasta 1,33 °C y su promedio es aproximadamente 2 °C inferior. El motivo de este efecto es la alta masa térmica del muro externo y medianero que configuran la cocina. Estos elementos constructivos posibilitan conservar las temperaturas anteriores satisfactoriamente.

Por lo que respecta a la cuadra, debido a que la proporción envolvente / superficie útil es menor en comparación a la cocina, la inercia del espacio decae y en consecuencia su desfase térmico aumenta. Mientras el de la cocina a lo largo de la semana más desfavorable es de tan sólo 2,87 °C, el de la cuadra es de 7,49 °C que al mismo tiempo es casi la mitad que la de exterior, 14,24 °C.

Además los picos de temperaturas internas de la cuadra también son más considerables respecto

a los de la cocina; 1,5 °C en máximos y 3°C en mínimos. A pesar de ello se amortiguan las condiciones ambientales y el límite mínimo térmico interno anual en este espacio se sitúa en 4,62 °C; 3 °C más alto que la exterior.

- **Semanas de inercia.** Tal y como se ve en el gráfico anterior Fig. 117 existe una diferencia destacable en la tendencia de la temperaturas internas de la cuadra y cocina general. Pero el efecto de la inercia en edificios con mucha masa térmica suele necesitar de una perspectiva más amplia en cuanto a la lectura térmica. Las semanas posteriores y anteriores muestran la tendencia real de las zonas internas y ayudan a prever mejor el comportamiento real.

En este caso, se muestran los valores térmicos de las siguientes dos semanas de Febrero que como se aprecia existen unas importantes variaciones en las temperaturas externas.

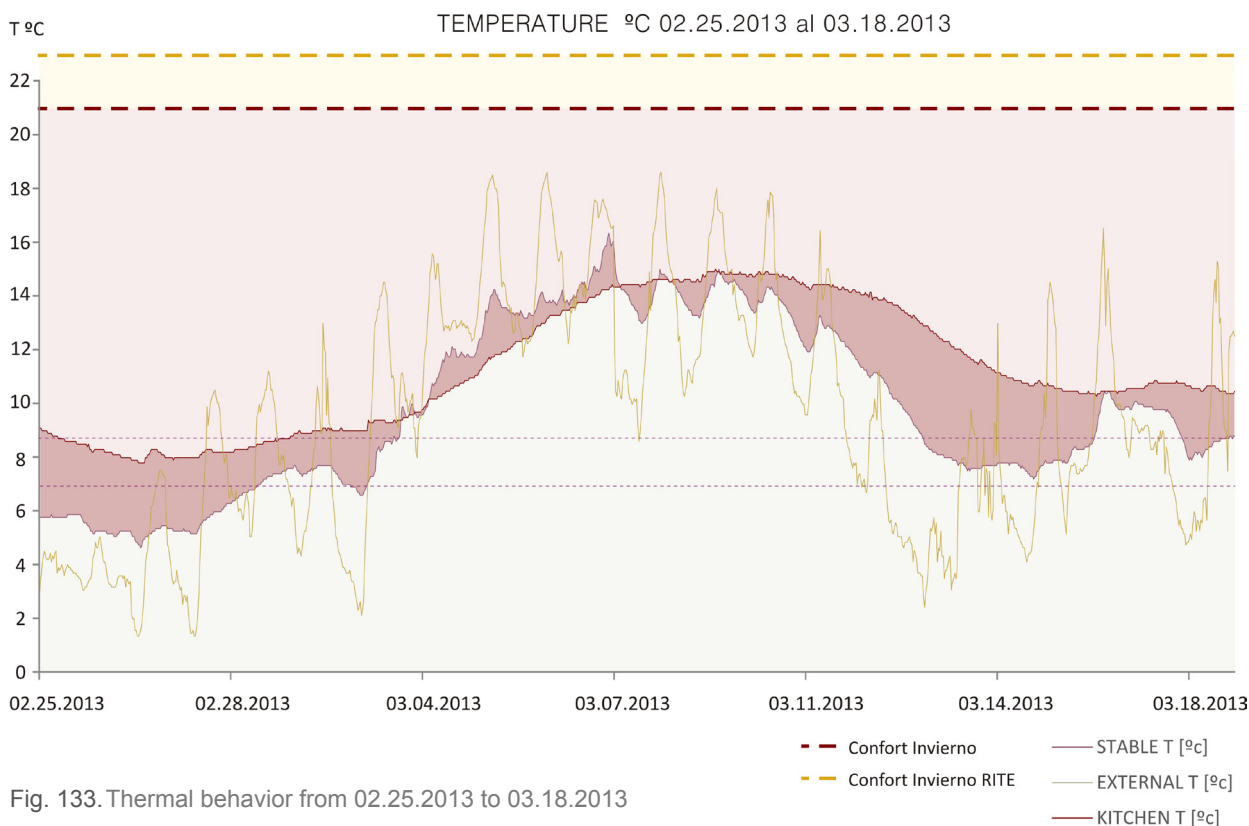


Fig. 133. Thermal behavior from 02.25.2013 to 03.18.2013

	STABLE T [°C]	EXTERNAL T [°C]	KITCHEN T [°C]
MEDIA	9,67	9,25	11,23
MAX	16,33	18,60	15,00
MIN	4,62	1,33	7,78
DESFASE	11,71	17,27	7,21

Fig. 134. Summary of the thermal behavior from 02.25.2013 to 03.18.2013

	EXTERIOR [°c]	KITCHEN [°c]	ΔT [°C]
03/13/13 10:00:00 AM	2,41	12,883	10,473

Fig. 135. Maximum thermal difference 02.25.2013 to 03.18.2013

Este gráfico demuestra cómo la cocina se mantiene más estable y que su capacidad de respuesta es más lenta que la de la cuadra. Mantiene un promedio térmico de 11,23 °C y el desfase térmico es más de 10 °C que el externo.

Por otro lado las temperaturas máximas internas en este período se acercan a las exteriores (cuadra 16,33 °C, externa 18,60 °C) y además se alejan de los mínimos. Este efecto se produce debido a la inercia que deposita la ganancia solar pasiva que

haya existido durante ese período. Esta reacción se verifica analizando los datos del día más frío ambiental del año, el 28 de Noviembre de 2013.

- **El día más frío.** A lo largo de este día, las temperaturas externas llegan a su mínimo anual, 0,67°C.

Durante este período el caserío se mantiene más templado por motivo de la capacidad de almacenamiento de los elementos pétreos. La

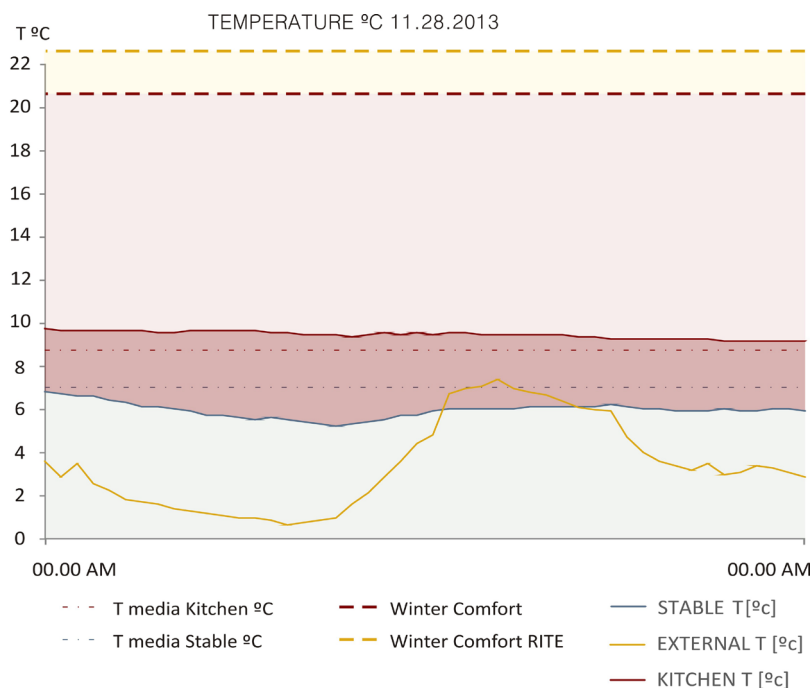


Fig. 136. Temperatures of coldest day of the year. 11.28.2013

cocina mantiene una media de 9,67 °C con un desfase térmico de 0,59 °C y con el máximo de 9,96 °C. Mientras tanto la cuadra llega al mínimo de 5,37 °C, aunque su media durante este día es de 6,10 °C y el desfase térmico casi se triplica -1,63 °C-. Esto se debe a la configuración interna del caserío, dado que la cocina goza de más masa térmica por superficie útil.

6.5.4.2. Comportamiento higrométrico de la semana más fría

En cuanto a la humedad relativa durante la semana más fría del año las condiciones externas muestran niveles más altos de los esperados desde la lectura climática.

El promedio es de 83 % mientras el desfase higrotérmico es de 47,8 %. Esta bajada de humedad relativa puede ser a causa de varios motivos.

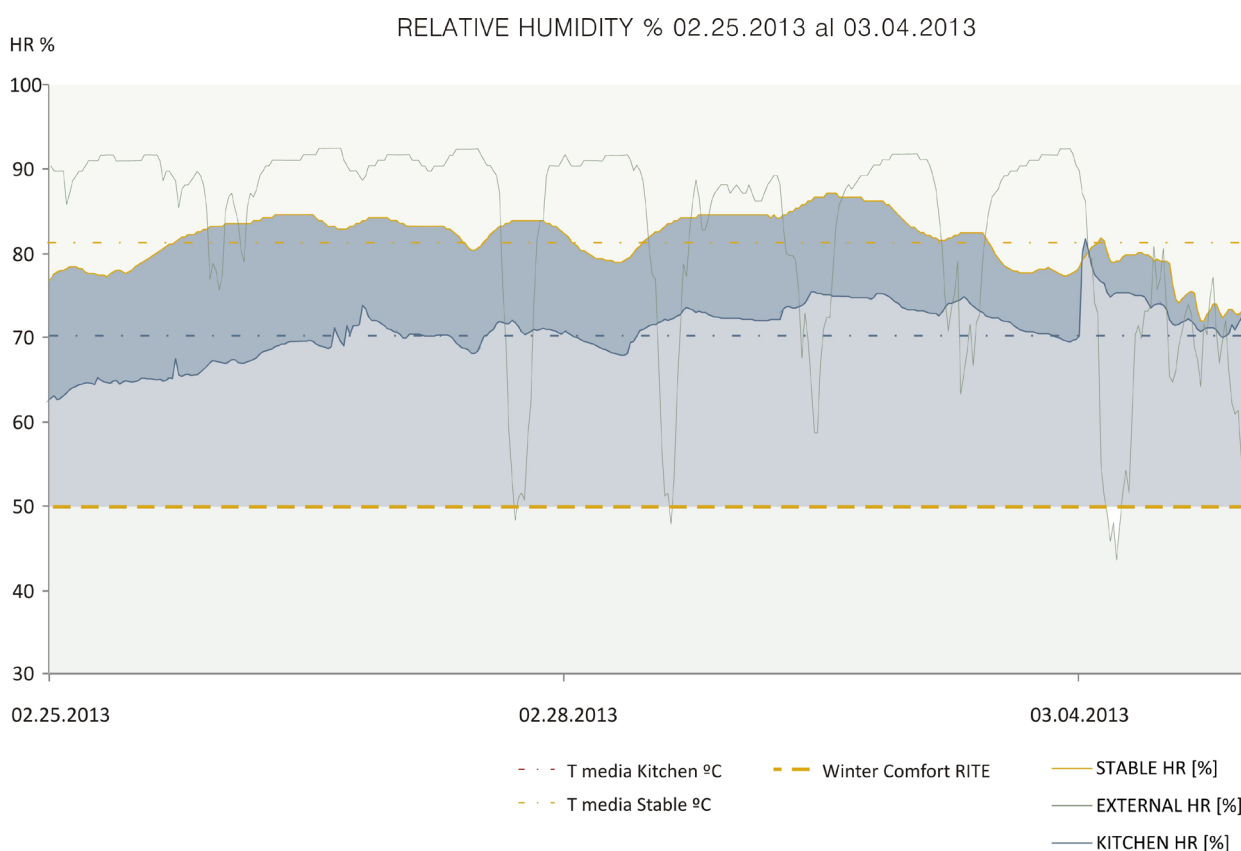


Fig. 137. Higrometric behavior from 02.25.2013 to 03.04.2013

	STABLE HR [%]	EXTERIOR HR [%]	KITCHEN HR [%]
MEDIA	81,3	83,0	70,8
MAX	86,7	91,9	81,5
MIN	71,9	44,3	62,8
DESFASE	14,8	47,6	18,7

Fig. 138. Summary of the higrometric behavior from 02.25.2013 to 03.04.2013

DAY	02.27.2013 PM			02.28.2013 AM									
TIME	9 h	10 h	11 h	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h
HR	91,2	89,9	89,3	86,7	69,6	53,6	51,5	51,2	62,3	81,3	83,6	89,9	89,9

Fig. 139. Relative humidity from 02.27.2013 to 02.28.2013

Por ejemplo durante la madrugada del día 27 al 28 de Febrero baja desde 91,2 % hasta 51,5 %. Éste salto higrométrico radical en el ambiente puede ser el resultado de un cambio de corrientes de aire que

Por lo que respecta al interior del caserío Torre, los valores de humedad relativa son considerablemente más altos que los de confort establecidos por la

Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño		
Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Fig. 140. RITE (Ministerio de Industria, Energía y Turismo 2013, p.43)

RITE.

La cocina se encuentra más seca e higrométricamente más estable que la cuadra, a pesar de que en ciertas horas del día 04 de Marzo tenga un desfase más importante. El promedio de la humedad relativa interna de la cocina durante la semana del 25 de Febrero a 04 de Marzo del año 2013 es de 70,8 %, mientras en la cuadra sube a 81,3 %.

Por otra parte, el desfase higrométrico interno es menor –cuadra 14,8 % y cocina 18,7 %- que al exterior – 47,6 %- debido a la capacidad higroscópica de al envolvente.

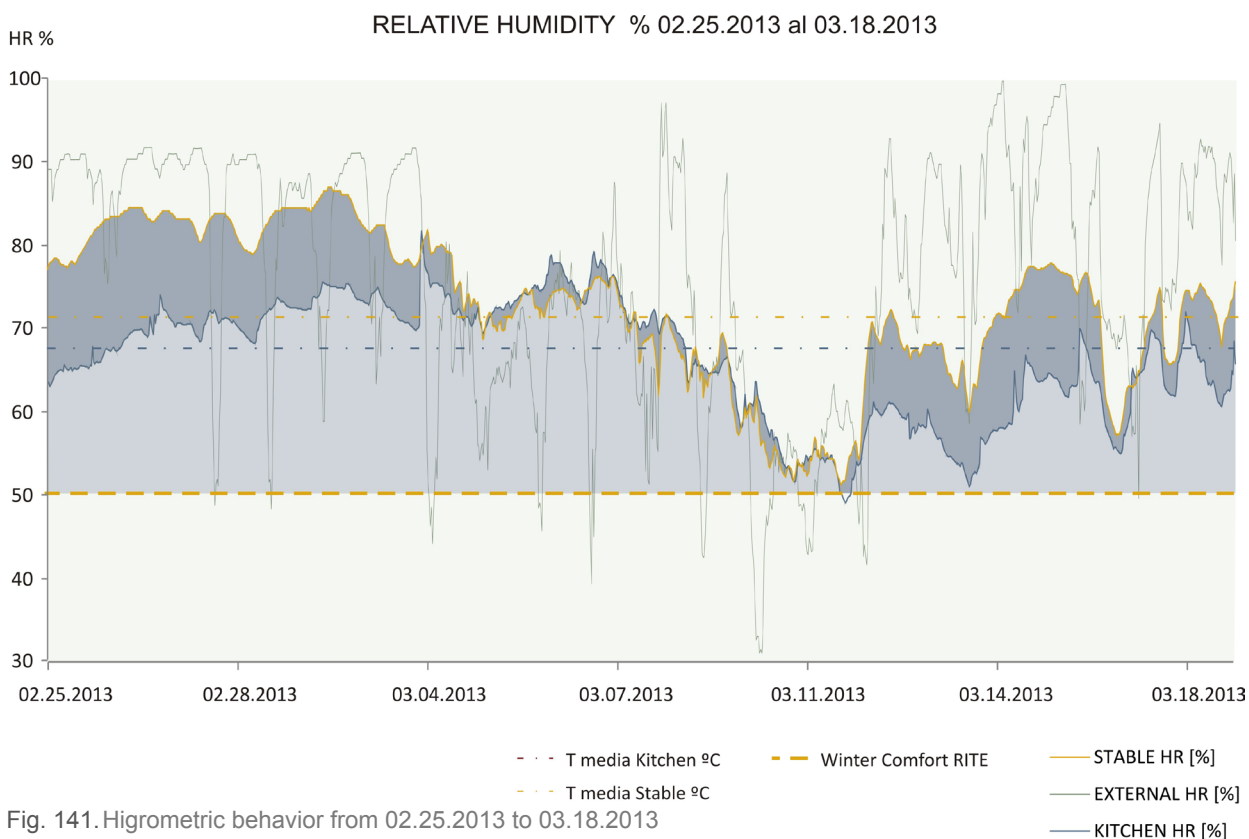


Fig. 141. Higrometric behavior from 02.25.2013 to 03.18.2013

	STABLE HR [%]	EXTERIOR HR [%]	KITCHEN HR [%]
MEDIA	72,4	76,1	66,2
MAX	86,7	100,0	81,5
MIN	51,0	31,1	48,8
DESFASE	35,7	68,9	32,6

Fig. 142. Summary of the higrometric behavior from 02.25.2013 to 03.18.2013

- **Semanas de inercia.** La humedad relativa de las dos semanas posteriores de la semana fría tiene más de desfase horario que durante las bajas temperaturas. En este sentido, el caserío internamente se acerca a los estándares actuales de confort en términos higrométricos durante los días 10, 11 y de 12 Marzo del 2013.
- **Respuesta en el secado.** Otro comportamiento que destaca es la adaptación de la humedad interna

cuando la humedad relativa exterior varía. Pues cuando éste se encuentra en valores altos, la cuadra se mantiene más húmeda respecto a la cocina, llegando a una diferencia de 16%. Pero cuando la humedad relativa exterior cae, los espacios internos equivalen sus valores. De manera de que se concluye que cuando la humedad relativa exterior sube, el paramento de la cuadra no es capaz transpirar ni de almacenar debido a que los poros se saturan, así condensa y sube aún más la HR interna.

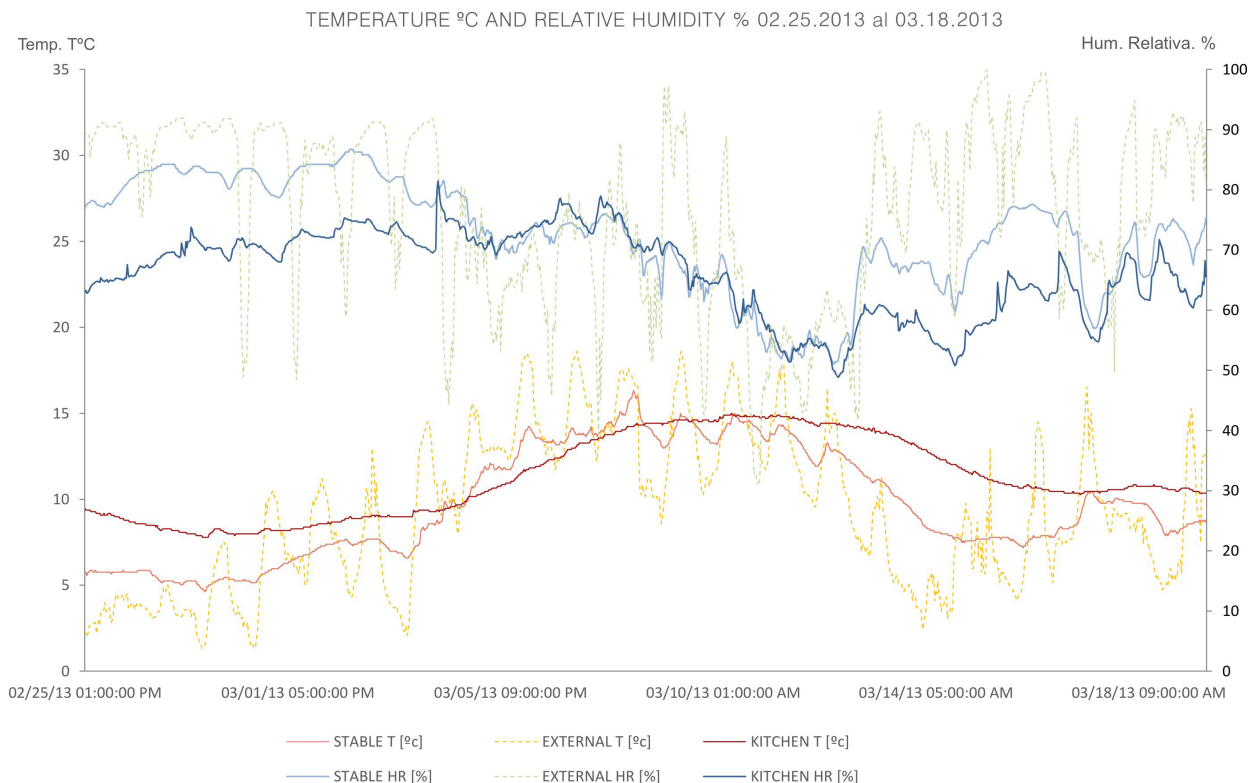


Fig. 143. Higrothermal behavior from 02.25.2013 to 03.18.2013

6.5.4.3. Interpretación higrotérmica de las semanas más frías

La lectura higrotérmica *Fig. 129 durante las semanas más frías del año concluye en que los espacios internos se encuentran húmedos y térmicamente templados teniendo en cuenta las bajas temperaturas externas. Además el caserío amortigua las condiciones térmicas exteriores, retardando las variaciones externas, y la humedad relativa interior se iguala cuando la externa decae.

Sin embargo, centrándose en la relación humedad relativa-temperatura destaca que cuando la temperatura interna sube, la humedad cae hasta llegar a zona de confort. Éste va de la mano que la humedad relativa exterior también decae, de manera que los dos factores pueden ser motivo de que se seque el ambiente interno. Asimismo, cabe destacar que cuando la humedad disminuye los valores de la cocina y cuadra se igualan, mientras que cuando se encuentran en niveles altos existe una diferencia de hasta 10 %.

6.5.5. Características del comportamiento higrotérmico durante la semana más calurosa

Se analiza el comportamiento térmico del caserío a lo largo de la semana más calurosa.

6.5.5.1. Comportamiento térmico de la semana más calurosa

Las temperaturas internas a lo largo del verano están dentro de los márgenes de confort. El caserío

mantiene una media de 22,13 °C en la cuadra y 22,77 °C en la cocina durante la semana más calurosa que es de 20 al 27 de Julio. La poca aportación solar directa a través de ventanas y la gran inercia térmica de los muros que almacenan el calor durante el día y lo distribuyen a lo largo de la noche, proporcionan un desfase térmico interno de tan solo 1,82 °C en la cuadra y 0,96 °C en la cocina, mientras en el exterior es de 14,19 °C. La máxima exterior es de 32,81 °C y la mínima de 18,62 °C. Y por lo que respecta a las interiores, la cuadra llega

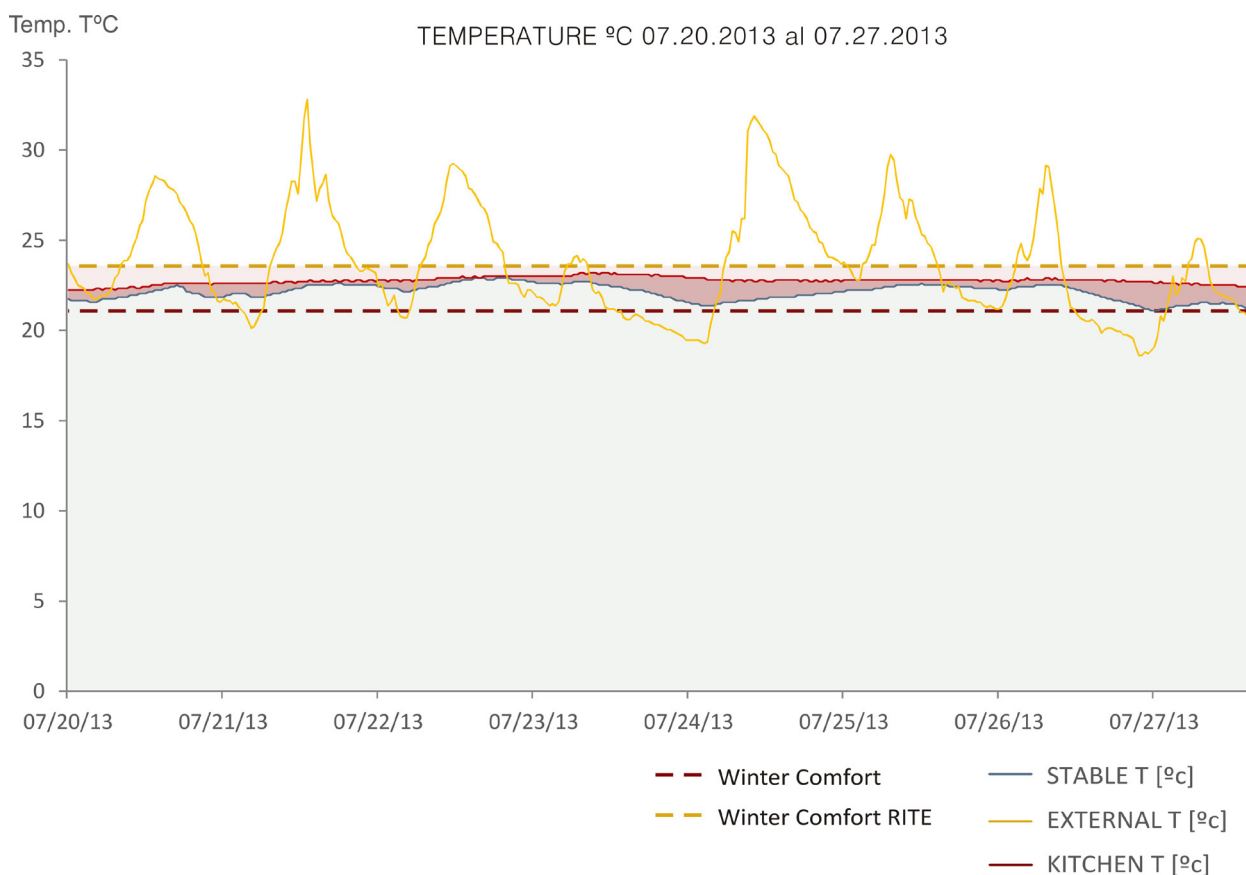


Fig. 145. Temperatures of hottest week of the year from 07.20.2013 to 07.27.2013

	STABLE		EXTERIOR		KITCHEN	
	T [°C]	HR [%]	T [°C]	HR [%]	T [°C]	HR [%]
MEDIA	22,13	83,16	23,71	74,77	22,77	82,11
MAX	22,91	85,67	32,81	92,11	23,20	87,87
MIN	21,09	73,30	18,62	31,49	22,24	71,95
DESFASE	1,82	12,37	14,19	60,62	0,96	15,92

Fig. 144. Summary of the higrothermal behavior from 07.20.2013 to 07.27.2013

	STABLE		EXTERIOR		KITCHEN	
	T [°C]	HR [%]	T [°C]	HR [%]	T [°C]	HR [%]
MEDIA	21,09	80,09	22,41	70,46	22,06	78,94
MAX	22,91	85,67	32,81	95,50	23,20	87,87
MIN	18,14	64,84	15,19	22,21	20,23	66,05
DESFASE	4,77	20,83	17,62	73,29	2,96	21,82

Fig. 146. Summary of the higrometric behavior from 07.20.2013 to 08.12.2013

a un máximo de 22,91, °C y a un mínimo de 21,09 °C, mientras en la cocina son de 23,20 °C y 22,24 °C respectivamente.

La monitorización externa muestra unos picos que se deben a la radiación directa que afecta al logger externo. Por ello algunos de los máximos que muestra la monitorización puede que no se puedan considerar como valores absolutos.

- **Semanas de inercia.** Si se alarga la lectura hasta el 12 de Agosto. Los desfases térmicos se amplían debido a que los mínimos exteriores caen hasta 15,19 °C arrastrando a las interiores a 18,14 °C en la cuadra y 20,23 °C en la cocina. Por lo tanto las condiciones internas salen de la zona de confort.

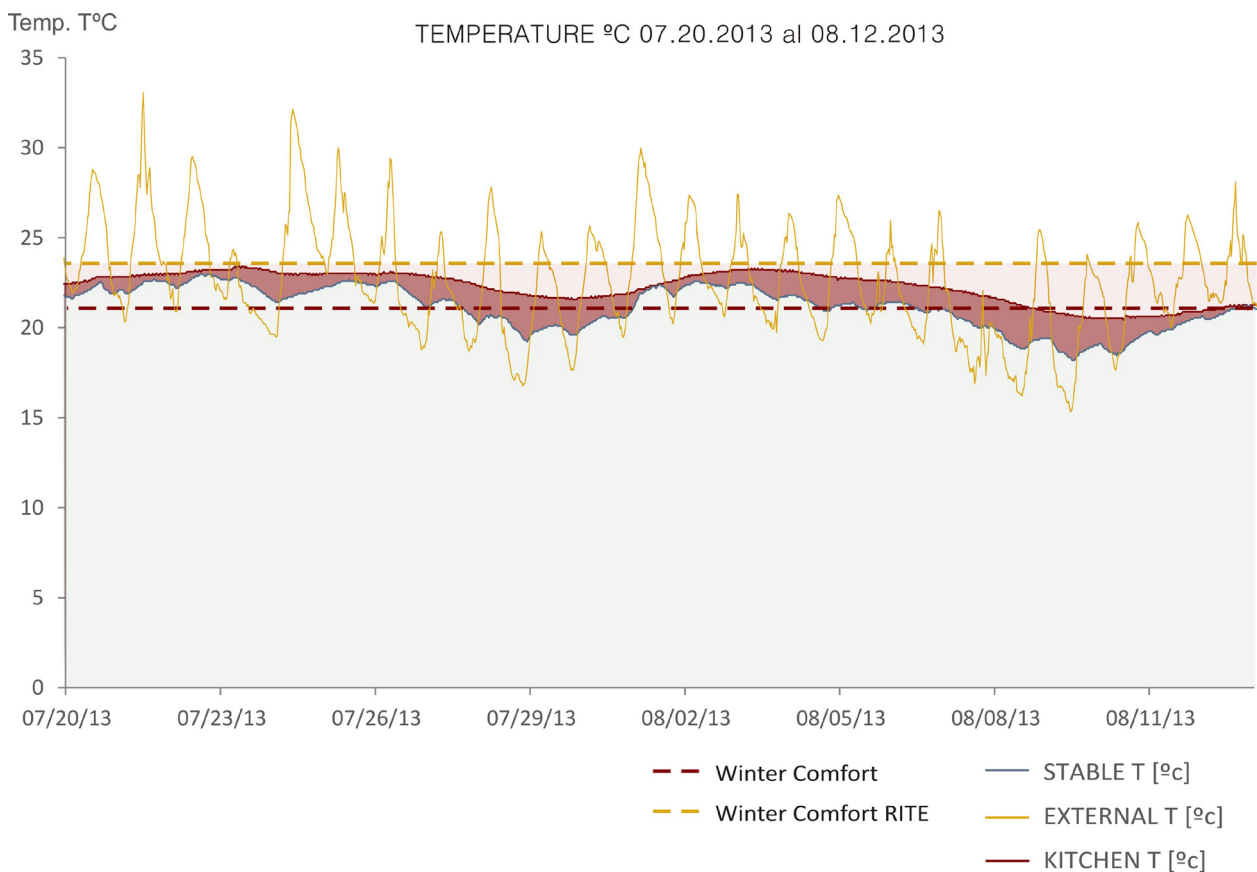


Fig. 148. Temperatures of hottest week of the year from 07.20.2013 to 08.12.2013

6.5.5.2. Comportamiento higrométrico de la semana más calurosa

La humedad relativa interna durante la semana más calurosa se encuentra fuera de confort. La cuadra mantiene una media de 83,16 % y la cocina de 82,11 %, con unas máximas de 85,67 % y 87,87 % respectivamente. Este depende de la humedad del ambiente que muestra una máxima superior que la interna, 92 %. Sin embargo, respecto a las mínimas, la exterior está afectada por la radiación del sol, de manera que los resultados manifiestan que bajan hasta 31,49 %, valor que irreal.

Pero desde esta lectura se concluye que el caserío se mantiene demasiado húmedo durante la semana más calurosa, probablemente motivo de la alta humedad relativa ambiental y falta de ventilación.

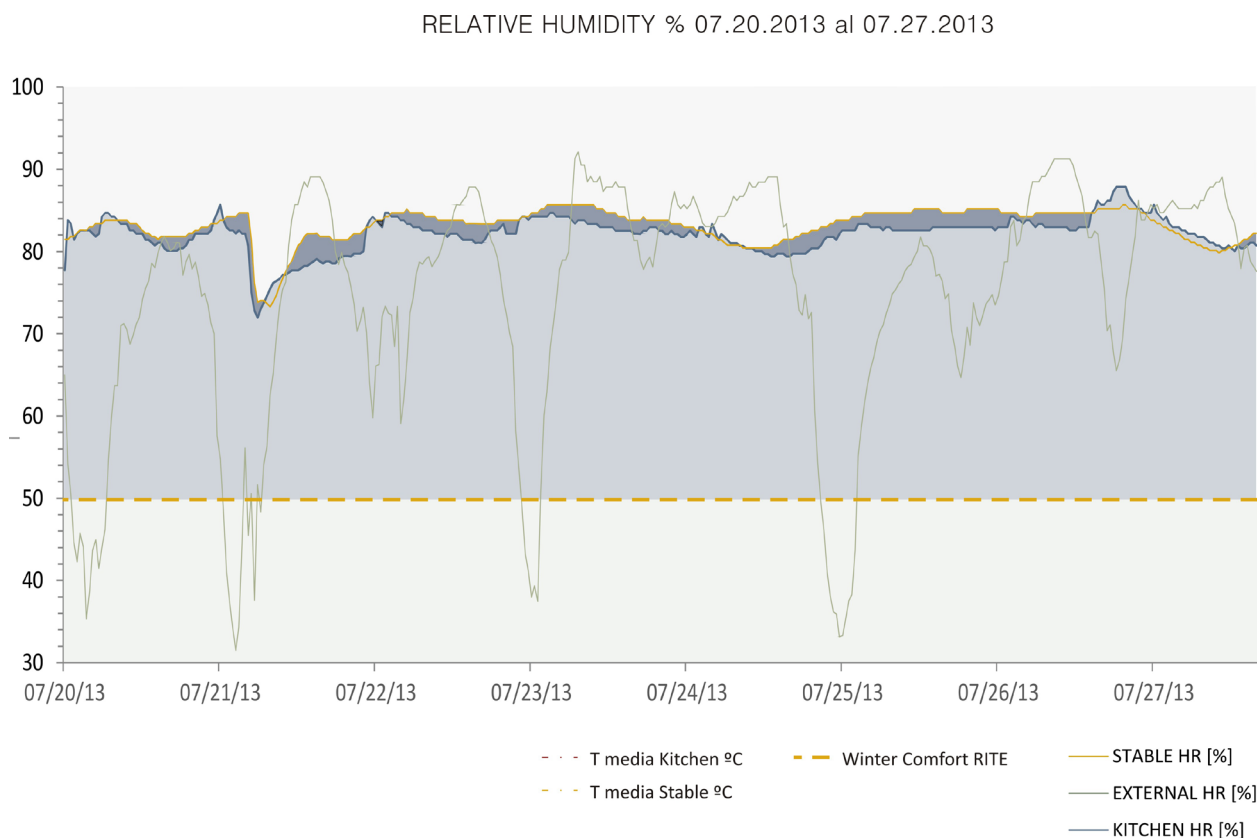


Fig. 149. Humidity from 07.20.2013 to 07.27.2013

	STABLE		EXTERIOR		KITCHEN	
	T [°C]	HR [%]	T [°C]	HR [%]	T [°C]	HR [%]
MEDIA	22,13	83,16	23,71	74,77	22,77	82,11
MAX	22,91	85,67	32,81	92,11	23,20	87,87
MIN	21,09	73,30	18,62	31,49	22,24	71,95
DESFASE	1,82	12,37	14,19	60,62	0,96	15,92

Fig. 150. Summary of the higrometric behavior from 07.20.2013 to 07.27.2013

Existe el mismo error en las mediciones externas motivo de la radiación directa que muestran unas caídas inusuales para este clima.

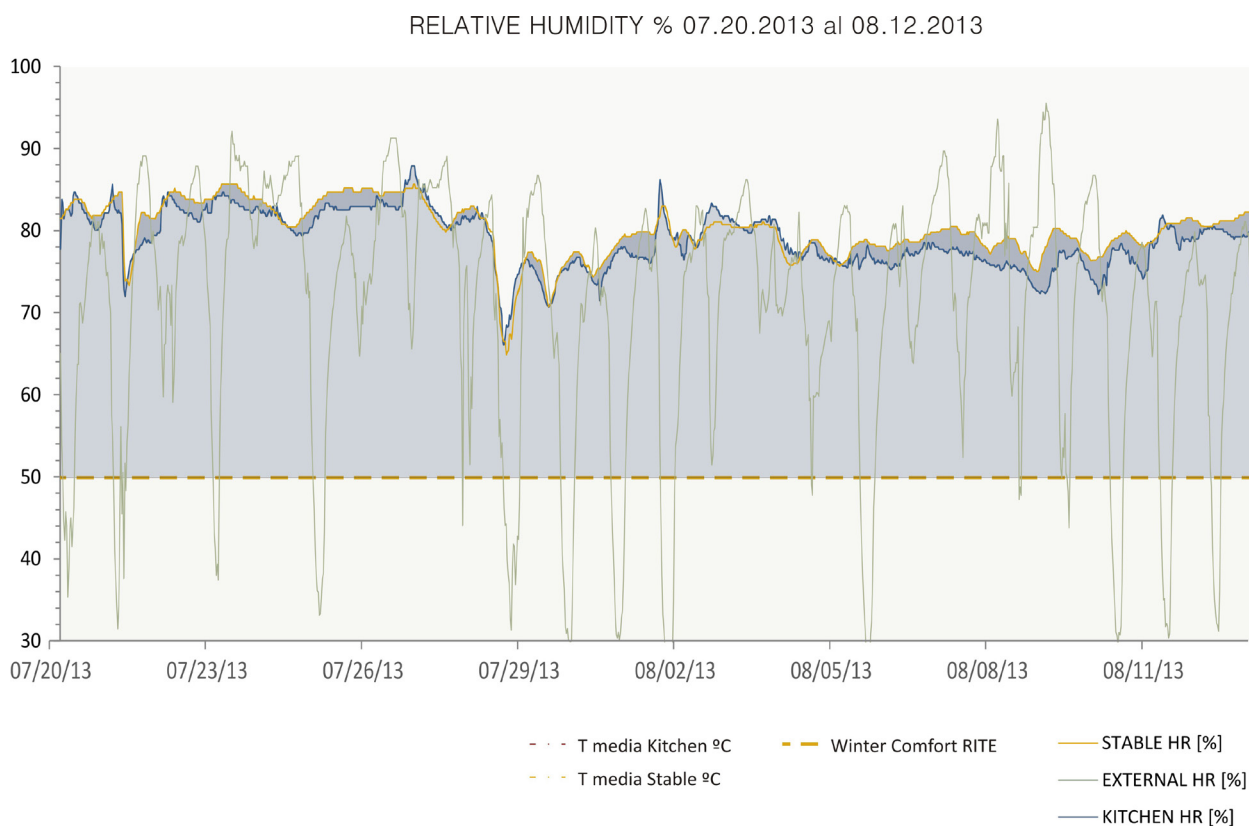


Fig. 152. Humidity from 07.20.2013 to 08.12.2013

	STABLE		EXTERIOR		KITCHEN	
	T [°C]	HR [%]	T [°C]	HR [%]	T [°C]	HR [%]
MEDIA	21,09	80,09	22,41	70,46	22,06	78,94
MAX	22,91	85,67	32,81	95,50	23,20	87,87
MIN	18,14	64,84	15,19	22,21	20,23	66,05
DESFASE	4,77	20,83	17,62	73,29	2,96	21,82

Fig. 151. Summary of the hicrothermal behavior from 07.20.2013 to 08.12.2013

6.5.5.3. Interpretación higrotérmica de las semanas más calurosas

La lectura conjunta de valores térmicos e higrométricos ayuda a tener entender de forma adecuada el comportamiento bioclimático del caserío. Las zonas internas térmicamente se comportan de forma estable en zona de confort mientras la humedad relativa en general se encuentra fuera de confort. De manera que es necesario ventilar las zonas internas.

En caso de que existiese alguna actividad agropecuaria interna probablemente las aportaciones térmicas se aumentarían sobrepasando las zonas de confort térmico y disparando aún más la humedad relativa. Este efecto además podría afectar a elementos constructivos. Por lo tanto se debe realizar con cautela cada actuación, teniendo en cuenta el rigor energético a la hora de diseñar las nuevas alternativas.

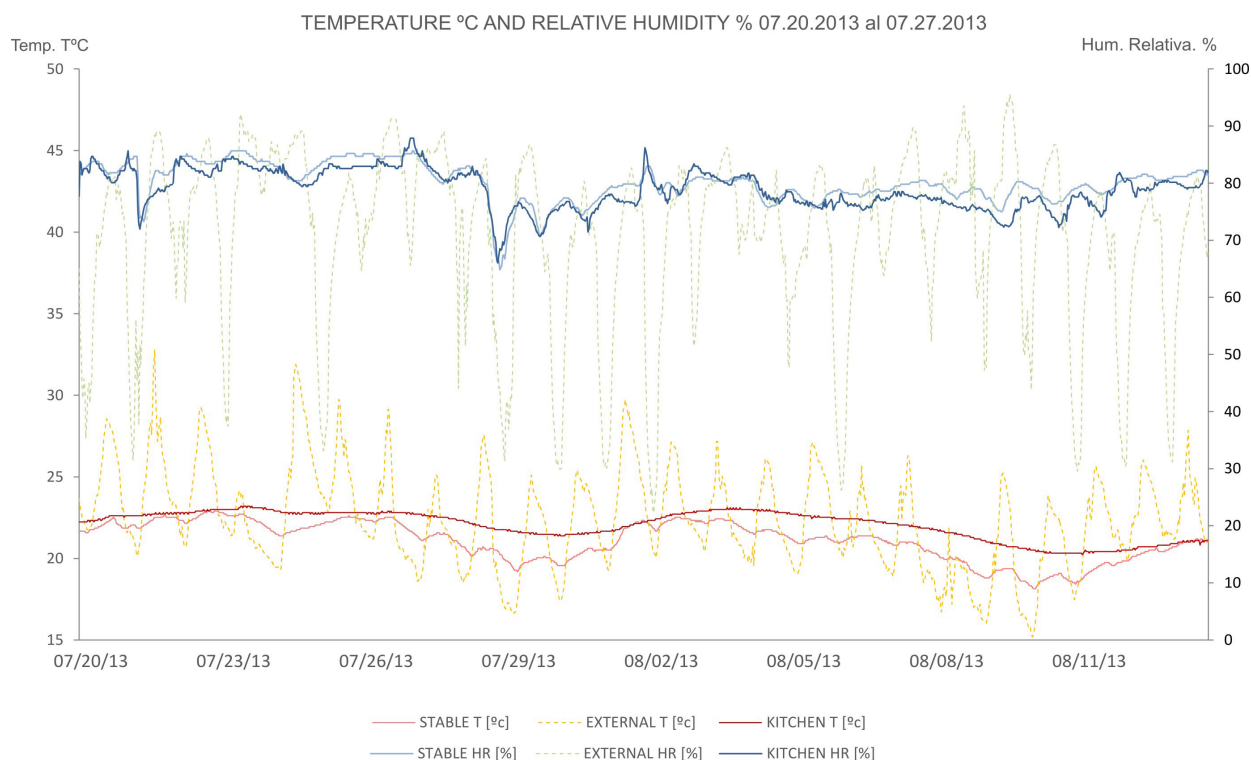


Fig. 154. Higrothermal behavior from 02.25.2013 to 03.18.2013

6.6. SIMULACIÓN ENERGÉTICA CALIBRADA

La simulación energética tiene el fin de permitir entender el comportamiento energético completo del caserío y de servir de documento base para llevar a cabo las próximas experimentaciones de este trabajo de investigación.

6.6.1. DesignBuilder. Programa de simulación

El modelo de la simulación energética del caserío Torre se realiza mediante el software DesignBuilder Versión 4.2.0.054.

DesignBuilder es un interfaz de usuario para el motor de simulación energética dinámica EnergyPlus realizado por el Building Technologies Program (BTP) en colaboración con gobiernos estatales y locales, universidades y laboratorios nacionales de Estados Unidos. Los cálculos realizados a través de este motor permiten cuantificar los comportamientos energéticos, la influencia de cada variable constructivo, las pérdidas y ganancias y el consumo de un edificio.

6.6.2. Limitaciones e hipótesis

Con el fin de que conseguir un adecuado modelo de experimentación, a la hora de configurar esta simulación se establecen tres hipótesis que lo diferencian del caserío original.

- **Alteración distributiva.** Se lleva a cabo una hipótesis distributiva del caserío Torre. Se le añade un espacio en la zona noreste del caserío con el objetivo de acercarse lo máximo posible a la tipología vizcaína y así poder acotar más correctamente a futuros escenarios de uso.
- **Modelo simplificado.** Con el objeto de realizar una simulación energética ágil y efectiva que evite variables y detalles que modifiquen los resultados de la misma, se simplifica el modelo del caserío lo máximo posible.

6.6.3. Parámetros

Los parámetros de la simulación energética se especifican más extensamente en el 13.4. Se calibran todos ellos acercándose al máximo a la realidad en cuanto a la orientación, el viento, la geometría arquitectónica, distribución interna, materiales, e infiltraciones. No existen equipos energéticos ni ninguna ocupación interna del caserío debido a que Torre se encuentra vacío.

6.6.4. Resultados de la simulación

Se realizan una simulación higrotérmica de ciclo cerrado, un año completo. En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento higrotérmico de las zonas monitorizadas.

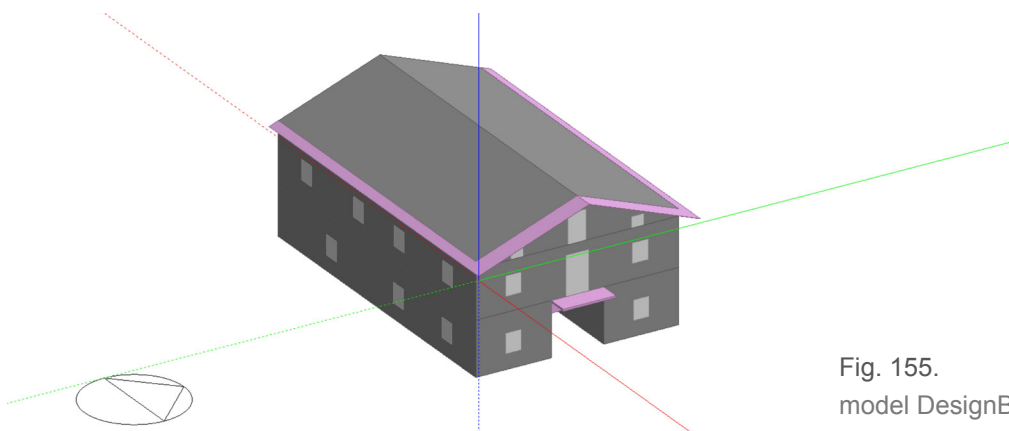


Fig. 155. Simplified 3D model DesignBuilder V.4.2.0.054

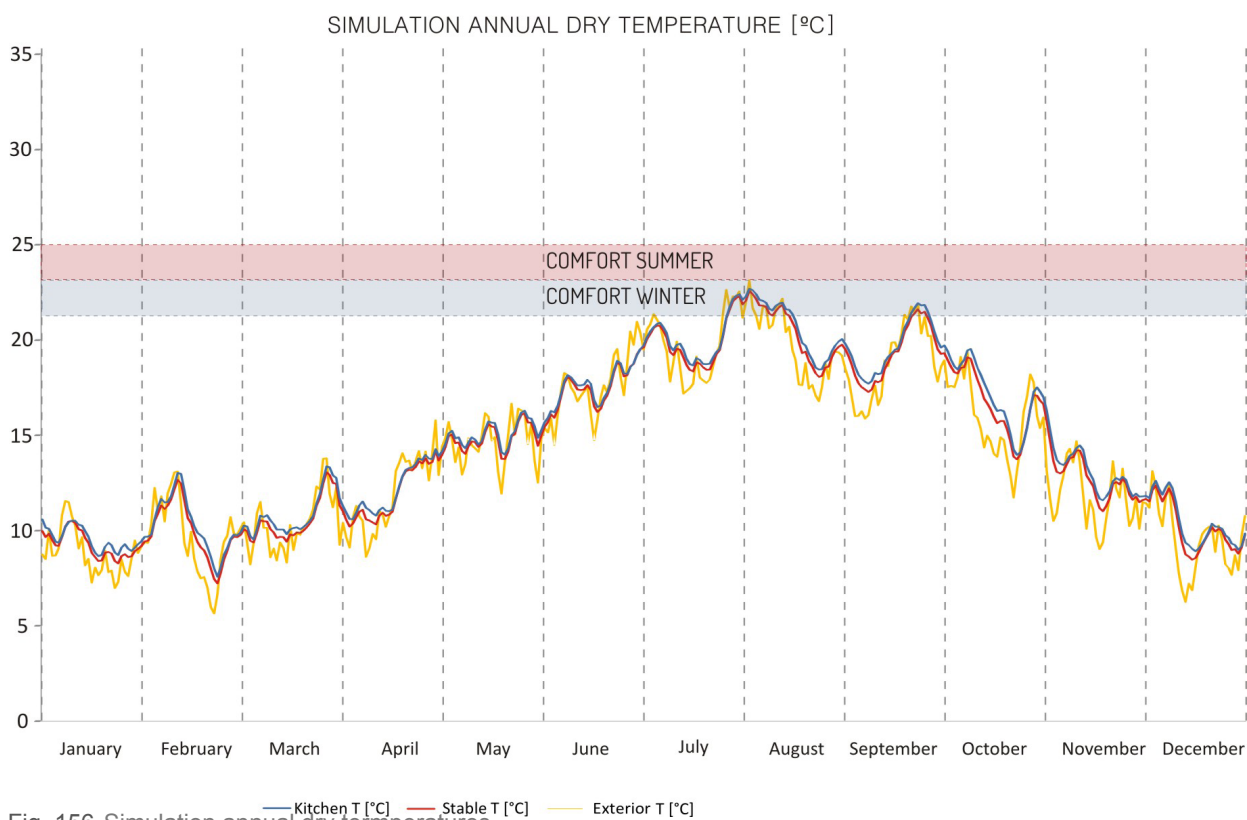


Fig. 156. Simulation annual dry temperatures

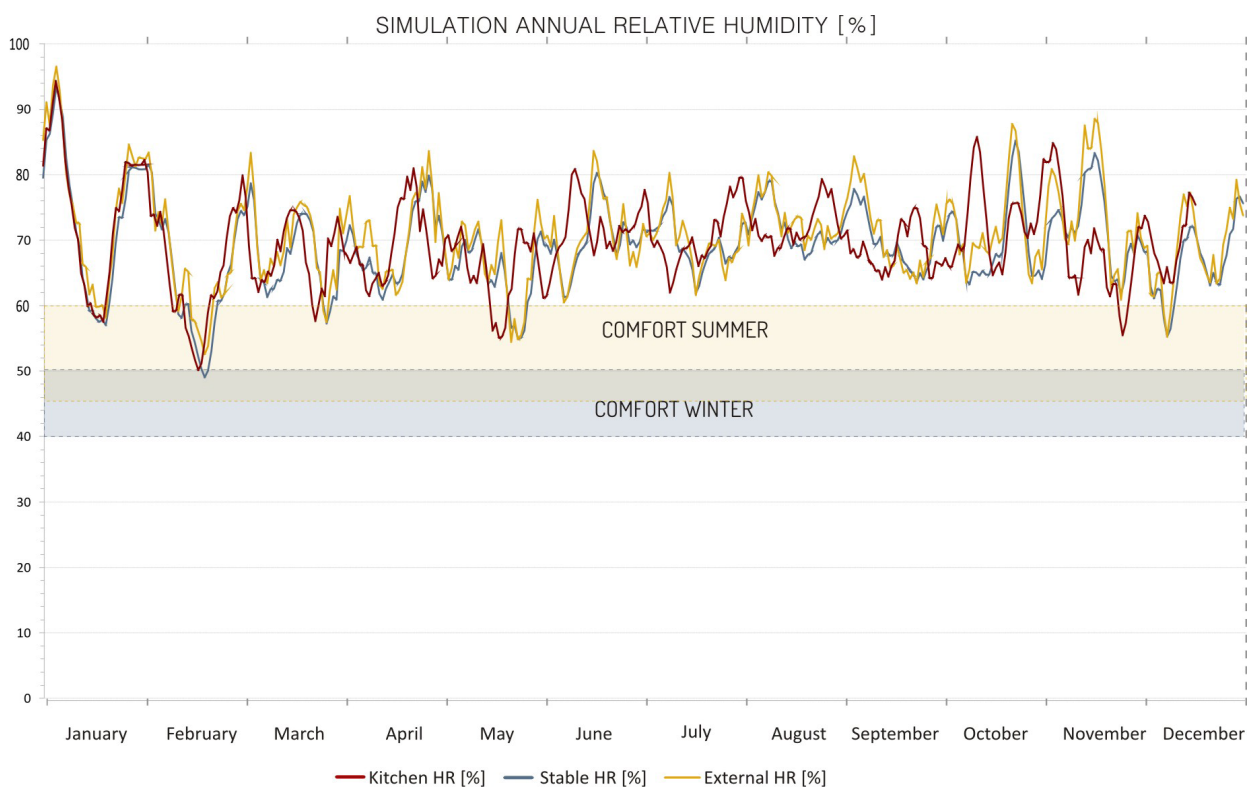


Fig. 157. Simulation annual Relative humidity

6.6.4.1. Simulación verificada

Partiendo de los desfases higrotérmicos que existen entre las dos condiciones climáticas se contrastan los resultados de la medición con los resultados de la simulación.

- **Cocina.** Tal y como muestran los siguientes gráficos el comportamiento higrotérmico interno de la cocina de los dos casos muestra unos resultados muy similares a pesar de la variación de las condiciones externas. Las temperaturas

máximas llegan a 23,2 °C en la monitorización y 23,8 °C en el modelo virtual, mientras las mínimas son de 7,78 °C y 8,32 °C. Además la variación térmica moderada de la simulación corresponde también a la inercia térmica del caserío.

En cuanto al comportamiento higrométrico el desfase global se mantiene en los dos casos. A pesar de que los valores mínimos y máximos no sean coetáneos por causa de la variación de las condiciones externas, sus valores son muy similares; los mínimos son de 38,8 % en la

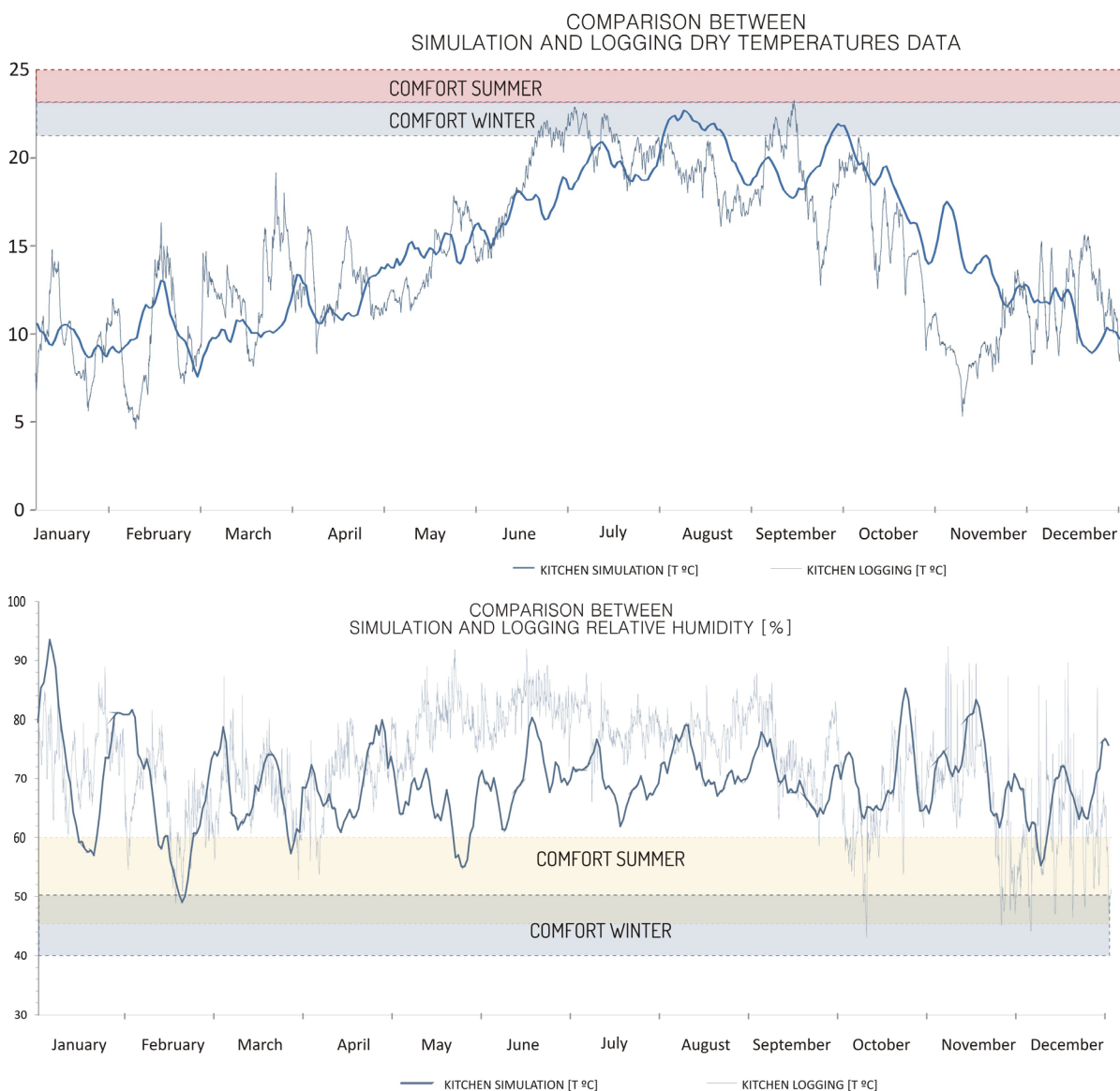


Fig. 158. Comparison between kitchen simulation and logging dry temperatures data

realidad y 39,12 % en la simulación, y por lo que respecta a los máximos, son de 92,36 % y 90,32 % respectivamente.

- Cuadra. Apesar de que existe un pequeño desfase térmico en las temperaturas mínimas, 4,8 °C y 6,8 °C, por motivo de las infiltraciones de aire que existe en la actualidad en la cuadra del caserío Torre, en general los resultados del modelo virtual muestran unos valores similares a la medición real. Pues las temperaturas máximas, son de 23,29 °C en la realidad

y 23,8 °C. La respuesta térmica a cambios de condiciones externas es también similar.

Por lo que respecta al comportamiento higrométrico, se debe tener en cuenta que las condiciones externas muestran valores muy distintas. Pero sin embargo el desfase global se mantiene en los dos casos. En cuanto a los máximos están en valores parecidos: 94,97 % en la realidad –y 94,65 %. Y los mínimos en 38,8 % y 39,2 %. Para terminar, a pesar de que exista una variación importante en el comportamiento higrométrico durante los meses

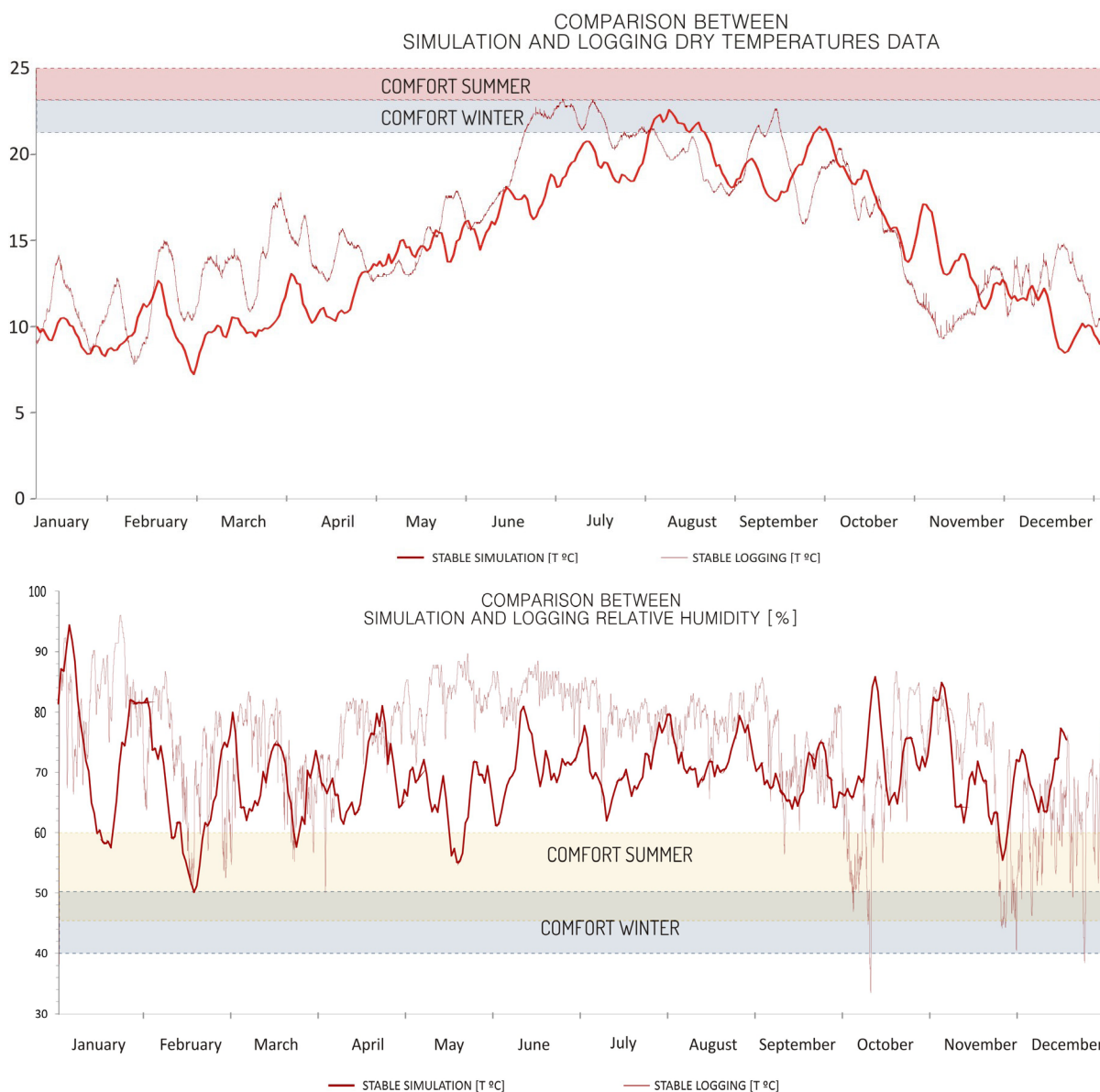


Fig. 159. Comparison between simulation and logging dry temperatures data

de verano, en general encajan la simulación con la monitorización.

Por lo tanto se concluye que el modelo virtual de la simulación esta calibrada para cuantificar el efecto de los factores bioclimáticos y experimentar con los nuevos parámetros de intervención.

6.7. CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO PASIVO DEL CASERÍO

En este apartado se hace una lectura global de las características energéticas del caserío Torre y se cuantifican los efectos de los factores climáticos.

El caserío Torre se orienta al sureste-este exponiendo uno de sus lados longitudinales a las ganancias solares del sur. Además su cara más cerrada que mira hacia al noroeste protege al edificio de las rachas de viento más desfavorables y de la lluvia. Véase Fig. 144.

Por otro lado, el lado longitudinal norte trabaja hasta una cota inferior a 1 m como muro de contención de la ladera que baja hacia el sur.

6.7.1. Soleamiento de Torre

Con el soleamiento de este clima afecta de la siguiente forma al caserío Torre. Ver siguiente página.

El estudio de soleamiento se realiza a través del software ECOTECT de Autodesk

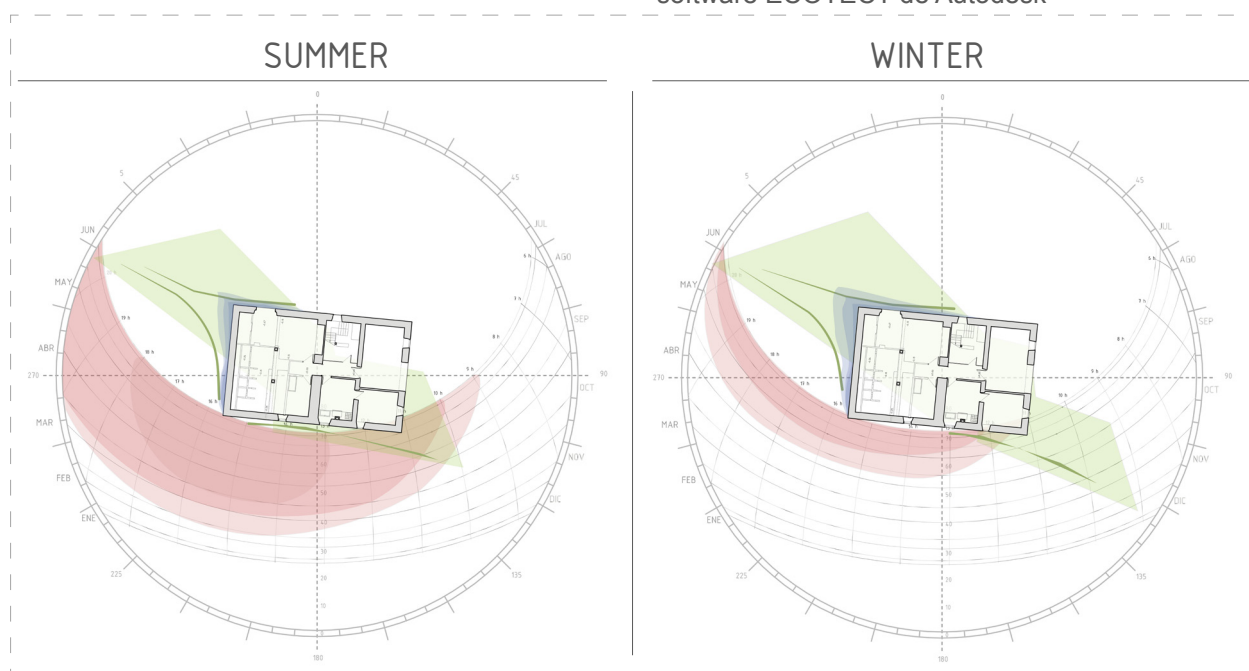


Fig. 160. Environmental effects

- **Invierno.** Desde el 21 de Diciembre hasta el 21 de Marzo Torre tiene unas ganancias de 326 kW. La siguiente imagen muestra el soleamiento horario desde las 9 horas hasta las 19 del 21 de Diciembre.

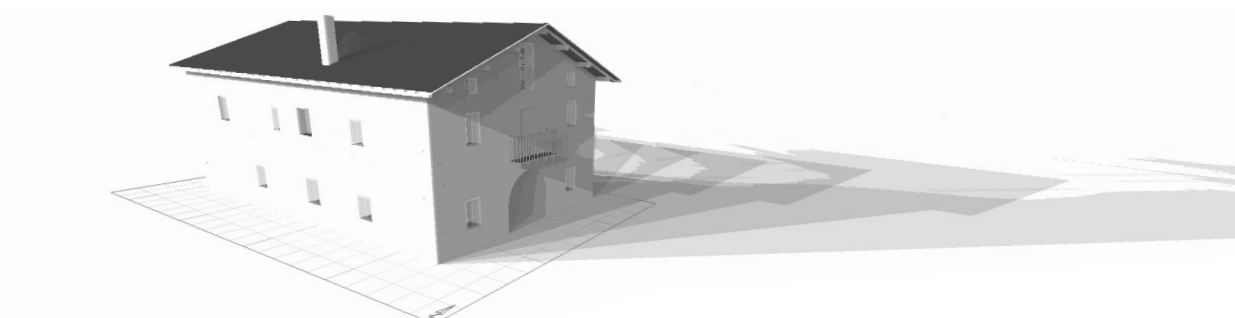


Fig. 161. Winter sunpath

- **Primavera.** Desde el 21 de Marzo hasta el 21 de Junio las ganancias solares son de 588 kW. La siguiente imagen muestra el soleamiento horario desde las 9 horas hasta las 19 del 21 de Diciembre.



Fig. 162. Spring-autumn sunpath

- **Otoño.** Desde el 21 de Septiembre hasta el 21 de Diciembre las ganancias solares son de 370 kW. La siguiente imagen muestra el soleamiento horario en el caserío Torre desde las 9 horas hasta las 19 del 21 de Marzo o de Septiembre, debido a que la posición del sol es la misma.

- **Verano.** Desde 21 de Junio hasta el 21 de Septiembre las ganancias solares obtenidas en el caserío Torre son de 621

kW. Esta imagen muestra el soleamiento horario desde las 9 horas hasta las 19 horas del día 21 de Junio

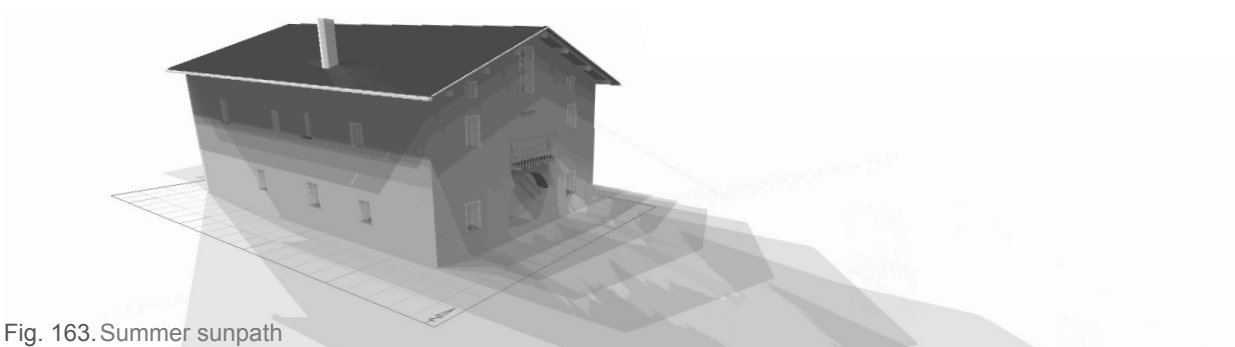


Fig. 163. Summer sunpath

	EXTERNAL SOLAR GAIN THROUGH WINDOWS		EXTERNAL SOLAR	
	W	W/M2	W	W/M2
WINTER	326,25	1,10	105247	355,02
SPRING	587,66	1,98	271670	916,41
SUMMER	621,02	2,09	276339	932,16
AUTUMN	370,34	1,25	116525	393,07

Fig. 164. Solar gains in Torre Baserri

6.7.1.1. Resumen de las ganancias estacionarias

La siguiente tabla muestra las ganancias solares estacionarias internas que existen en Torre y las que existen en estas condiciones de soleamiento.

Debido a la cerrada arquitectura que muestra el caserío Torre las ganancias solares que provienen de las ventanas son muy reducidas en comparación con lo que el clima puede llegar a aportar. La poca cantidad de los huecos y la reducida dimensión de los mismos junto al espesor del muro perimetral dificulta la entrada de estas ganancias pasivas. Además la función agropecuaria del caserío hace que la apertura de huecos se concentre en aquellas zonas donde se sitúan los espacios de vivienda, y la cuadra, el pajar y el granero se queden sin apenas aporte solar directo ni iluminación natural.

En invierno por ejemplo, que es cuando más se necesita, las ganancias obtenidas directamente a través de los huecos son de 326 W o 1,1 W/m², cuando el sol en ese emplazamiento puede llegar a dar 355 W/m². Se da por hecho que éste valor no es alcanzable pues se necesitaría una arquitectura totalmente transparente en sus cuatro caras. Pero es evidente que en términos puramente energéticos, la apertura o la ampliación de los huecos es una estrategia eficaz que acerca las condiciones higrotérmicas internas del caserío a las zonas de confort actuales de una forma totalmente pasiva.

6.7.2. Calidad lumínica natural

A este efecto se debe añadir que la apertura de huecos también mejoraría la calidad lumínica interior, debido que el ratio ventana-muro actual del caserío Torre también penaliza este factor. Pese a ello este caserío tiene una mejor relación de hueco/muro, 5,75%, y esto permite que en casi todo su perímetro haya un aporte lumínico y por lo tanto de ganancia solar.

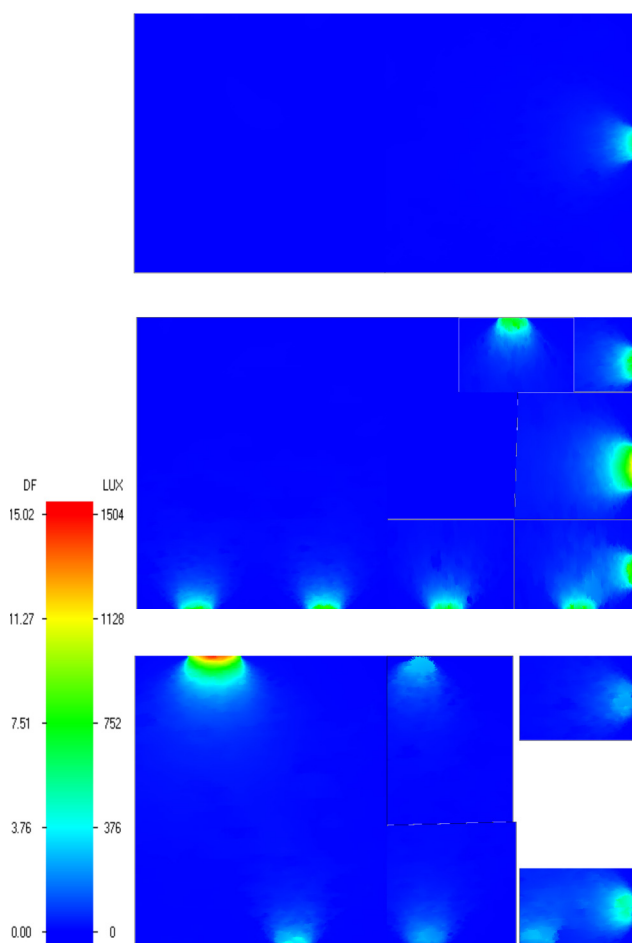


Fig. 165. Daylight in Torre Baserri

6.7.3. Respuesta a la rosas de viento

La respuesta a las condiciones desfavorables provenientes de las rosas de viento también es otro de los factores de diseño del caserío. De manera que la forma compacta con una fachada ciega y contundente es la manera de responder del edificio a éste efecto.

6.7.3.1. Simulación por túnel de viento

En esta experimentación se simula un túnel de viento con las características de orientación y de velocidad pertenecientes a las rosas de viento de noroeste previamente descritas. Debido a que Torre no está totalmente expuesto al viento dado a la cercanía de otras nuevas construcciones, la velocidad del viento y por consiguiente su efecto en el caserío se disminuye.

Se integran estos valores en el modelo del caserío Torre a través del software DesignBuilder Versión 4.2.0.054. Las características del túnel de viento son las siguientes: 13,89 m/s -50 km/h- con un ángulo de 70° respecto al norte. Las siguientes imágenes en planta están giradas respecto a la dirección Noroeste de las rosas.

- **Dirección y velocidad de las rosas de viento.** El viento noroeste choca casi de forma perpendicular -20° N- con el muro ciego de la cuadra a una velocidad de 4,90 m/s. Esto se debe a la protección ejercida por los edificios adyacentes de la exposición absoluta del caserío. La forma rectangular de la construcción reduce la velocidad hasta frenar del todo en algunos puntos de la fachada longitudinal suroeste y de la fachada principal. Asimismo, en estas orientaciones el caserío crea una especie de burbuja que protege de esta exposición la cara principal creando una zona para trabajar adecuadas condiciones. Es en el lado sur de la cara noroeste donde la velocidad del viento llega a su máximo valor, 6 m/s.

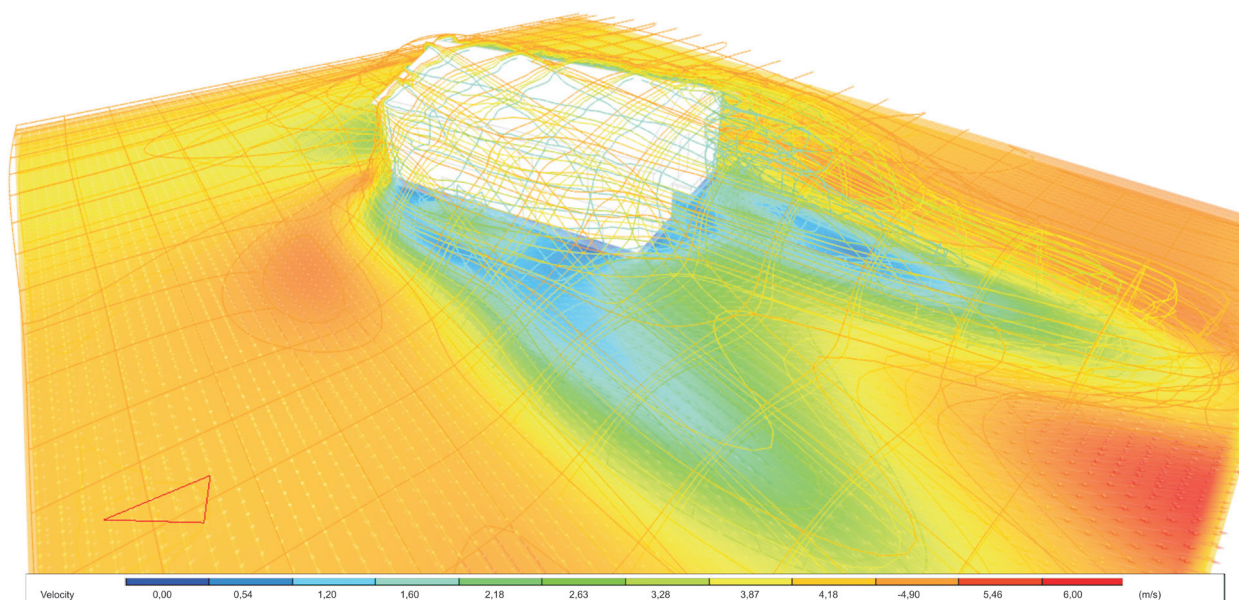


Fig. 166. Wind effect in Torre (3D view)

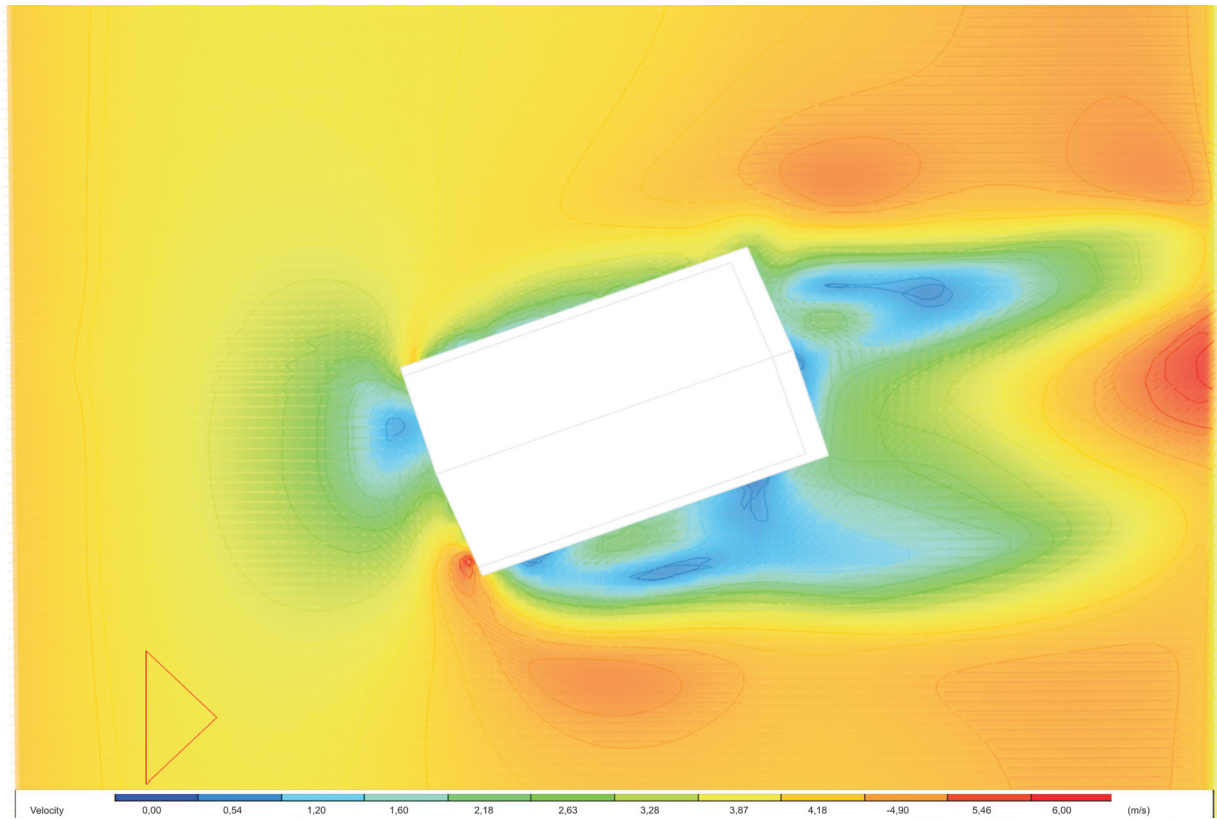


Fig. 167. Wind effect in Torre (Floor Plan)

- Presión del viento sobre el caserío.**
 Estos cambios de dirección y velocidad de las rosas de viento varían la presión ejercida en distintos puntos del caserío. Tal y como muestra la siguiente imagen la fachada ciega noroeste modifica la dirección de las rosas de viento creando una burbuja de menor presión en la fachada principal del caserío. La presión en la cara ciega es mayor que 316 Pa, es decir 0,316 KN/m² mientras en la fachada sureste existe una succión de alrededor de 72 Pa, 0,07 KN/m². Este efecto sirve para proteger los elementos característicos, ornamentos u otros juegos de materiales que existen en la fachada principal del caserío. Se añade que en 21% de la fachada longitudinal suroeste y en 19% de la fachada Norestela presión es mínima, entre -20

Pa y 40 Pa, es decir entre 0,02-0,04 KN/m².

Sin embargo éste efecto funciona de manera tridimensional de forma que la fachada principal asume una succión inferior a la presión sometida a la cara trasera, 36 Pa versus 316 Pa. Asimismo, el espacio de trabajo del etarte se encuentra libre de cualquier tipo de presión posibilitando así un bienestar necesario para realizar las tareas para el cultivo. La succión varía en esta fachada según la cota, situándose la mayor succión en la parte superior. Por otro lado, la presión se mantiene de manera equitativa en la cara trasera con una carga entre 280 y 316 Pa aunque se concentre más en la parte inferior.

Pero una de las características más

destacables de la respuesta del caserío al viento, es la variedad de cargas que sufre la cumbre en la fachada trasera. Es en este vértice donde se encuentra la succión más desfavorable, 310 Pa, con una presión considerable, 280 Pa. Éste fenómeno ejerce unas tensiones perpendiculares

que empujan a la viga de la cumbre a levantarse, de manera que es probable éste fuese el motivo de que se modificara la geometría de la cubierta de dos aguas dando lugar a la habitual cola de milano.

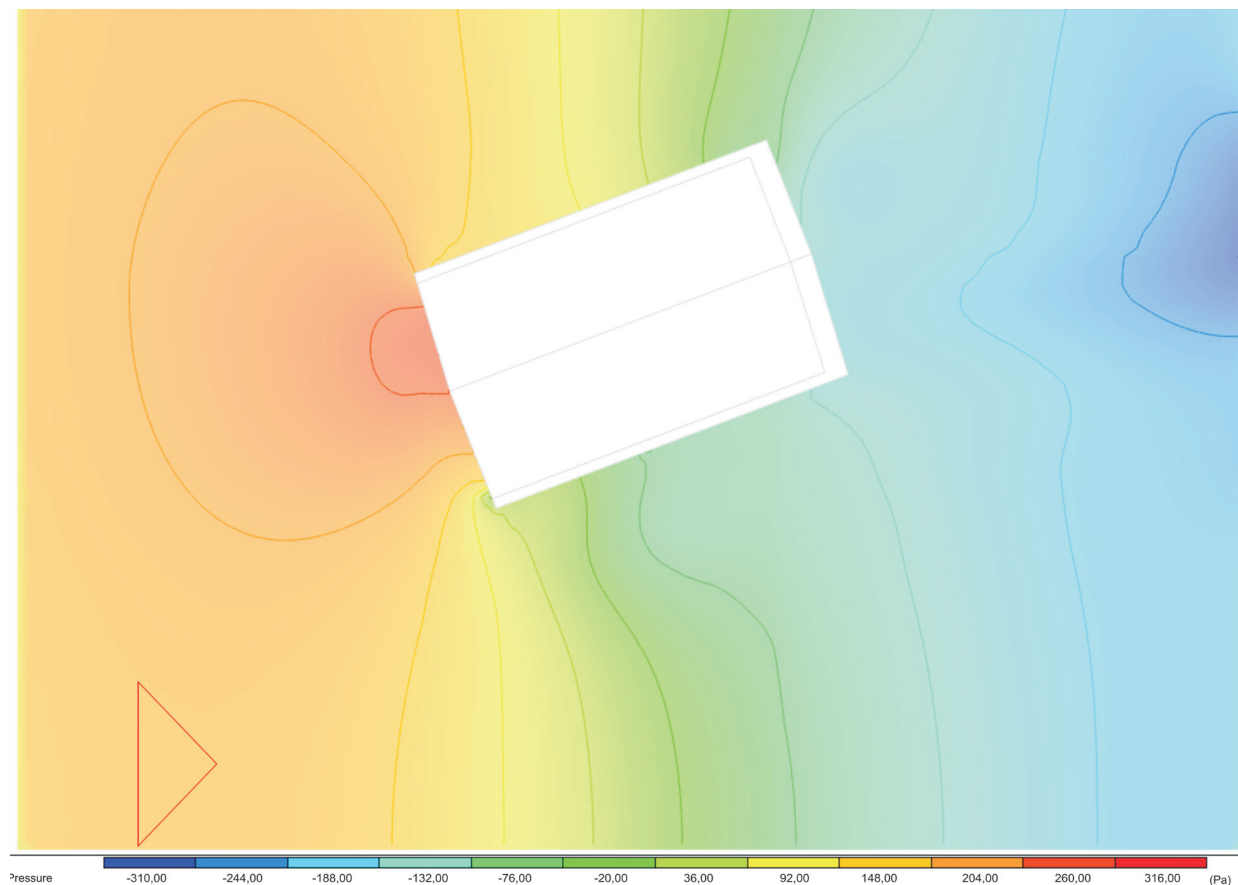
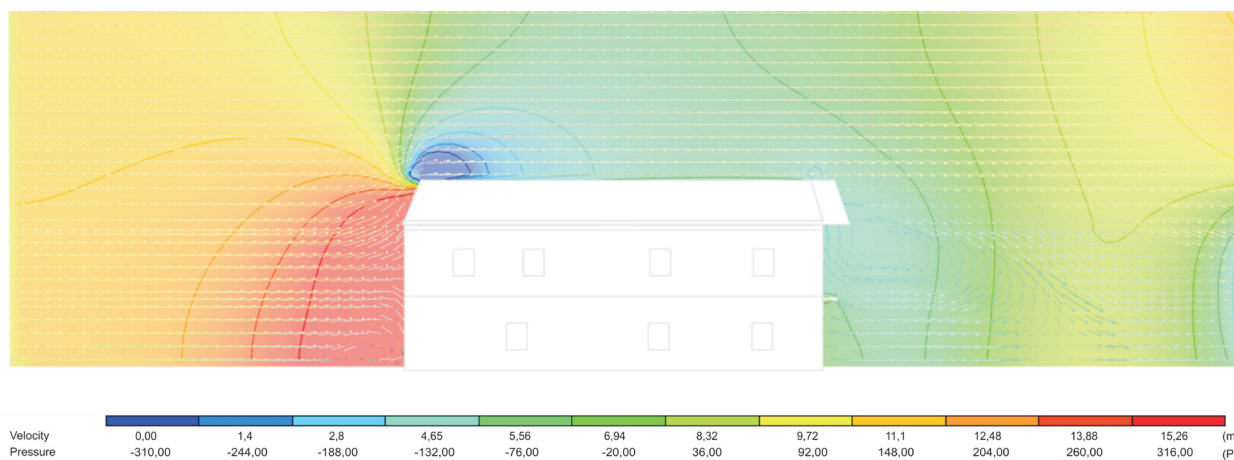


Fig. 168. Wind effect in Torre (Floor Plan)



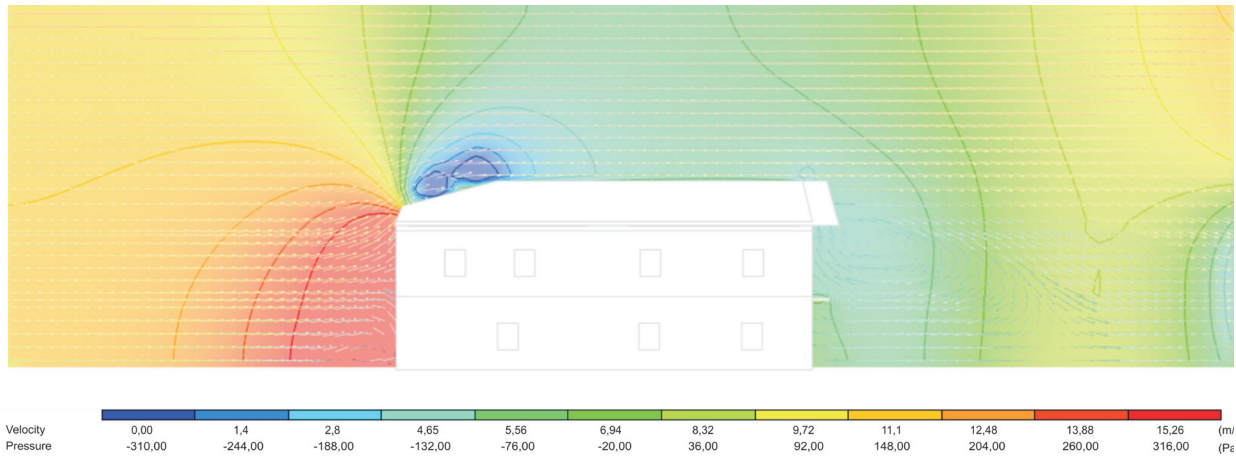


Fig. 170. Wind effect in a supposed dovetail in Torre

6.7.3.2. Cola de milano

La aparición de la tercera vertiente de la cubierta del caserío, conocido como cola de milano, tiene su razón de ser en la respuesta a las rosas de viento. De esta forma separan la presión y la succión ejercidas en el vértice. La succión cuantitativamente es la misma, pero su geometría es más alargada, de manera que la tensión se reparte de mejor forma a lo largo de la tercera vertiente. A esto se le debe añadir que al reducir la altura de la fachada trasera se disminuye la presión acumulada en el más parte inferior del paño.

La cola de milano hace que la ejecución de la estructura interna de madera sea más compleja ya que la viga que hace de cumbrera se duplica en dos aristas que se apoyan en el muro perimetral.

6.7.4. Características térmicas de los materiales

Las características higrotérmicas de los materiales que configuran una construcción tienen un papel fundamental en su comportamiento energético. Corresponden a la manera de interactuar que tiene el edificio con su entorno y definen el confort de sus espacios internos.

De esta forma, en este apartado se analiza por un lado el comportamiento térmico de la envolvente del caserío térmico, y por el otro la respuesta de los sistemas constructivos a la humedad proveniente del ambiente y del suelo.

6.7.4.1. El comportamiento térmico de los materiales a través de termografías

Por lo que respecta a la respuesta térmica del caserío, los elementos constructivos de la envolvente como el muro de mampostería y la cubierta de teja cumplen un papel esencial en la interacción con las condiciones externas.

El primero le otorga una inercia térmica con el fin de evitar los picos térmicos. Suaviza la transmisión de calor de la cara externa a la otra retardando el enfriamiento de los espacios internos. Se expone una comparación de muros de 60 cm de espesor de mampostería, de ladrillo y de un material ligero.

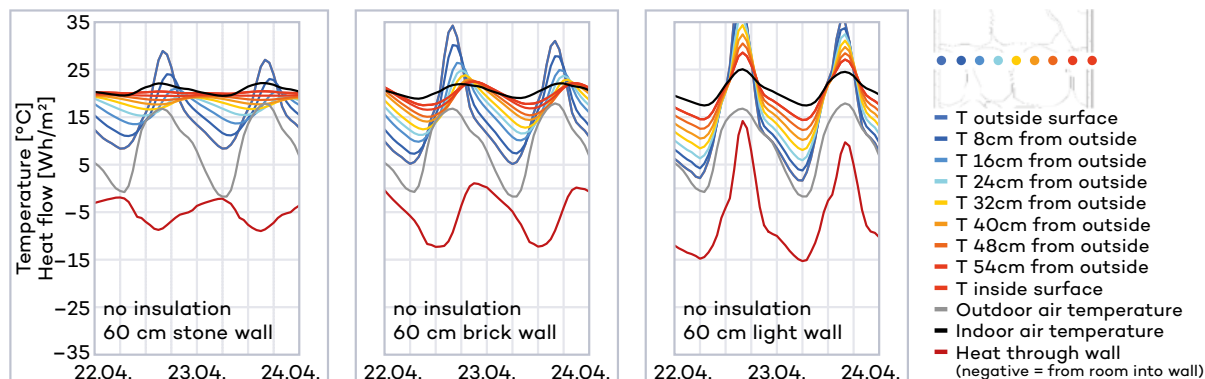


Fig. 171. Thermal behavior of walls with or without thermal mass (3ENCULT 2015, p.174)

Por lo que respecta a la cubierta de teja además de proteger de la lluvia, tiene como objeto calentar los espacios adyacentes transmitiendo el aporte solar de una manera más unificada y regular.

Se realizan termografías para corroborar el comportamiento térmico de los materiales mediante la cámara termográfica PCE-TC 3 / 4 / 6.

Este aparato forma imágenes visibles en base a las temperaturas superficiales de los materiales con una exactitud de $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $\pm 2\%$. Sirven para identificar los puentes térmicos, irregularidades constructivas o la función térmica de los materiales.

Los datos de las temperaturas superficiales que

se muestran en este apartado no son valores absolutos reales de los materiales debido a que no se ha tenido en cuenta la emisividad del propio material.

- **Termografía nocturna.** Esta primera termografía está recogida a las 3:59 am de la madrugada del 15 de Junio de 2012. Se aprecia que el muro de mampostería norte que apenas tiene aporte solar, se encuentra más templada que los otros materiales. Por ejemplo la superficie de la cubierta se encuentra a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras el mampuesto es capaz de mantener a $13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Este efecto es debido a su gran capacidad térmica y su espesor.

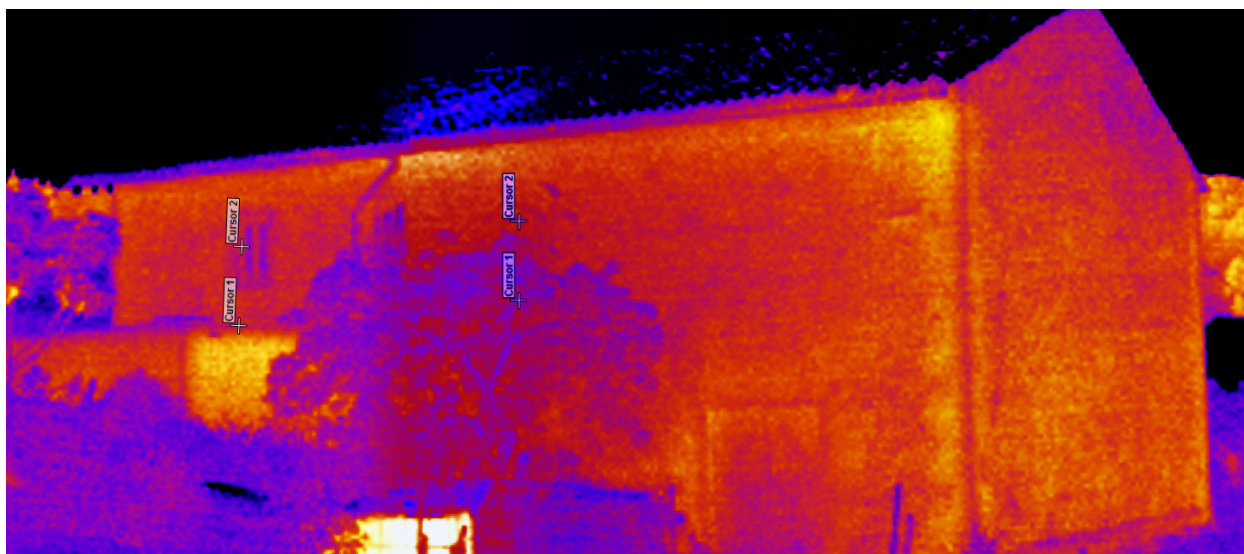


Fig. 172. Thermographic photo North facade 3:59 am of 15 of June of 2012.

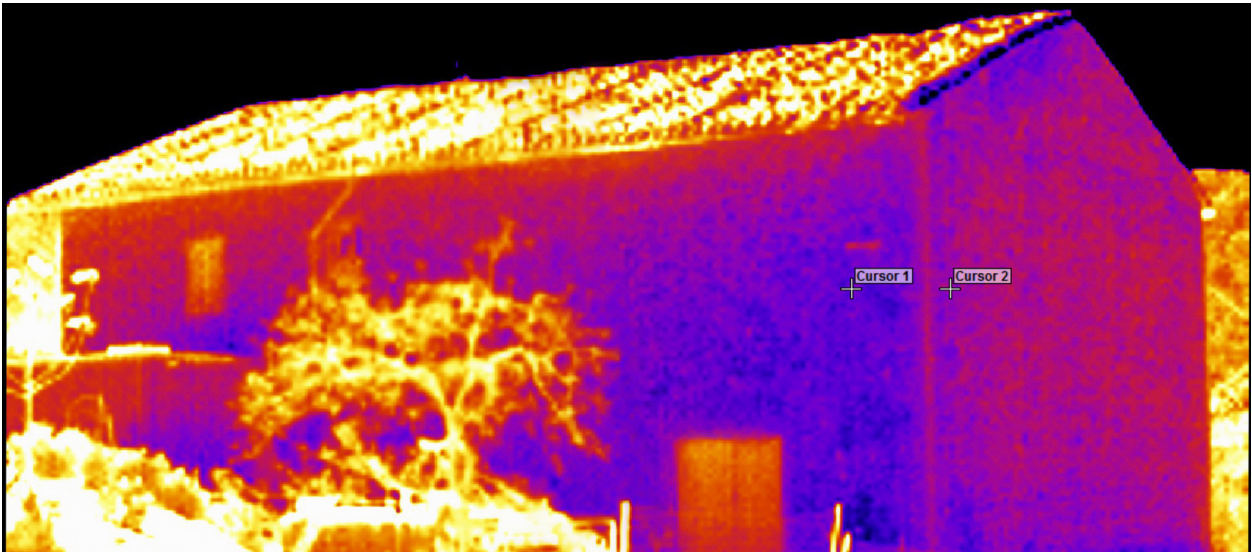


Fig. 173. Thermographic photo North facade 10:54 am of 2 of May of 2012.

- **Termografía diurna fachada norte.** Esta termografía está recogida a las 10:54 am del 2 de Mayo de 2012. La cubierta se encuentra a alrededor de 25 °C mientras el mampuesto está a 19 °C. La teja con un espesor de apenas 15 mm y su gran conductividad se calienta rápido, efecto que le permite emitir calor a los espacios adyacentes. De manera que la cubierta cumple con su doble función: calentar el granero y el pajar a la vez que protege de la lluvia el caserío.
- **Fachada sur.** Esta termografía está recogida a las 10:43 am del 2 de Mayo de 2012. En este caso las superficies expuestas reciben más radiación solar, de manera que la superficie de la cubierta está a 30 °C y el mampuesto 23 °C aproximadamente.

Por otra parte, cabe destacar la irregularidad del mampuesto del externo de Torre. Debido a las reducidas piezas de mampuesto, las juntas cemento asumen

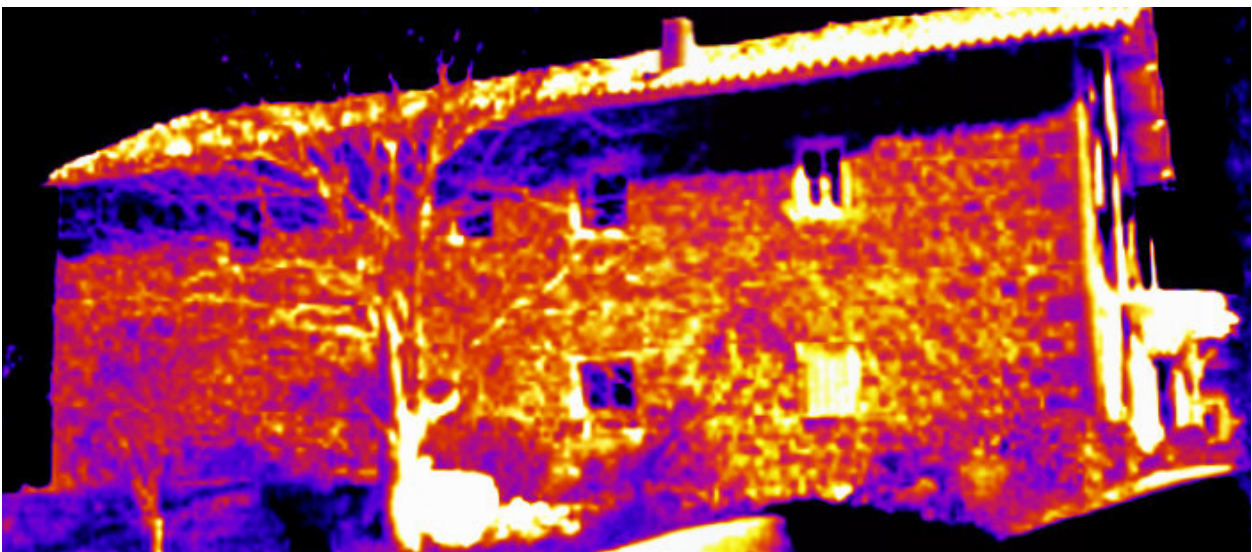


Fig. 174. Thermographic photo South facade 10:43 am of 2 of May of 2012.

protagonismo en las fachadas externas. Éste material de la misma manera que la teja de la cubierta absorbe y pierde calor con facilidad.

- **Ventana sur.** Esta termografía esta recogida a las 10:46 am del 2 de Mayo de 2012. Muestra una ventana de la fachada sur, en el cual se aprecia que el marco de madera se encuentra a 42 °C y el mampuesto de caliza a 26 °C. Esta ganancia térmica superficial se conduce mejor a través del mampuesto que con su capacidad de inercia la almacena y la distribuye en todo el edificio, mientras la madera intenta no conducirla debido a su baja conductividad y densidad.

Estos puntos de encuentro en los que existe un gran salto térmico de un paramento a otro, son los que se deben tener en cuenta a la hora de intervenir mediante materiales de gran capacidad aislante.

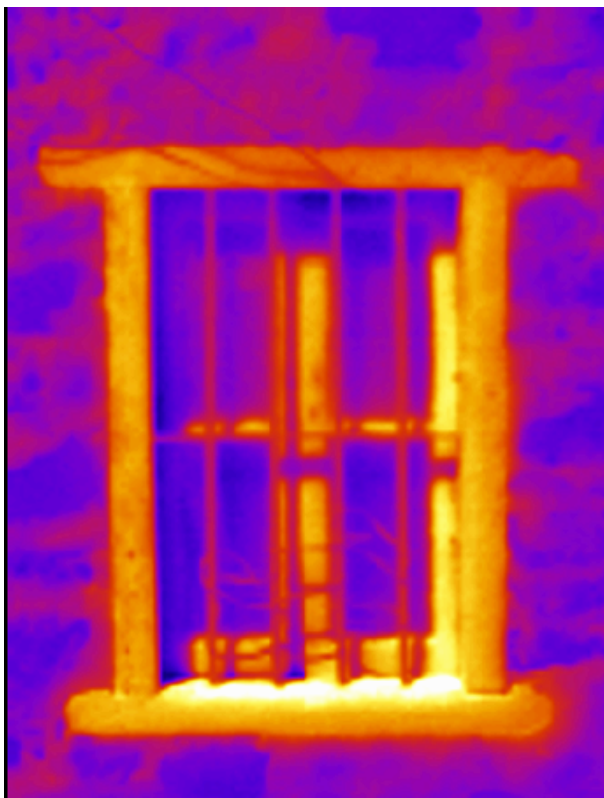


Fig. 175. Thermographic photo South window 10:46 am of 2 of May of 2012.

6.7.5. Comportamiento hídrico de la envolvente

Por otra parte, la humedad en los materiales es un factor que determina el confort y la durabilidad de la construcción. La humedad relativa de los espacios internos del caserío y la capilaridad en los elementos que están en contacto con el suelo son factores que alteran el comportamiento térmico e incluso estructural de los materiales.

El muro exterior del caserío además de aportar inercia proporciona una estrategia tradicional ante la humedad. Los muros de mampostería son elementos constructivos basados en materiales porosos con gran espesor que trabaja de distinta forma respecto a la humedad que proviene de la lluvia o del suelo. Estos comportamientos se alteran dependiendo de la humedad, cantidad de sales del ambiente etc.

Esta lectura de tipos de humedad en los caseríos está basado fundamentalmente en la tesis doctoral "*Metodología de diagnóstico de humedades de capilaridad ascendente y condensación higroscópica, en edificios históricos*" realizada por la Dra. Soledad García Morales en 1995 (García 1995).

- **Lluvia.** En caso de que llueva, estos materiales dejan pasar al agua hasta que los poros se llenan de agua, sacando el aire que tienen dentro y empapando así el mampuesto. Éste entra a la profundidad que necesitey cuando las condiciones son favorables se evapora.

Sin embargo, esta estrategia es efectiva cuando el espesor del muro y su permeabilidad logran que la humedad no aparezca en el interior y para ello las condiciones deben ser las apropiadas.

En este sentido, se debe tener en cuenta que la velocidad de evaporación del agua almacenada

varía según la porosidad de los materiales, la exposición al aire y al sol, la humedad relativa y temperatura. El período de evaporación debe ser más corto que el intervalo climático, factor que es probable que en muchos días de este clima no se dé debido a que en Urdaibai la mitad de los días existen precipitaciones continuas.

Además esta evaporación tampoco es satisfactoria en climas húmedos como el vasco, debido a que los poros se encuentran con más agua de lo habitual y por lo tanto tienen menos capacidad de absorción, aumentando el espesor y la superficie empapada en caso de lluvia.

La afección de las humedades se manifiesta de la siguiente forma en muros (véase Fig. 161):

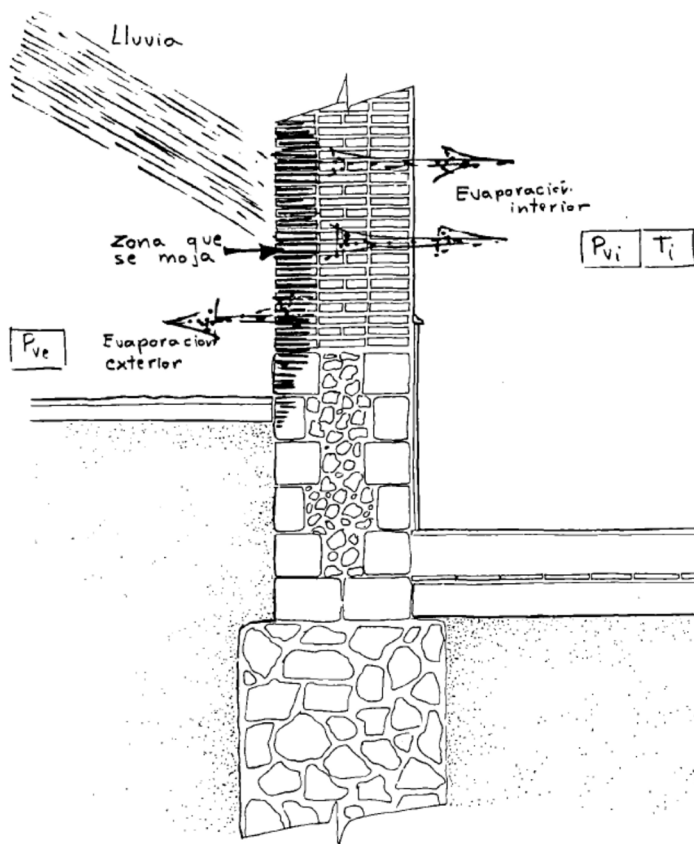


Fig. 176. Thermographic photo South window 10:46 am of 2 of May of 2012 (García 1995, p.17).

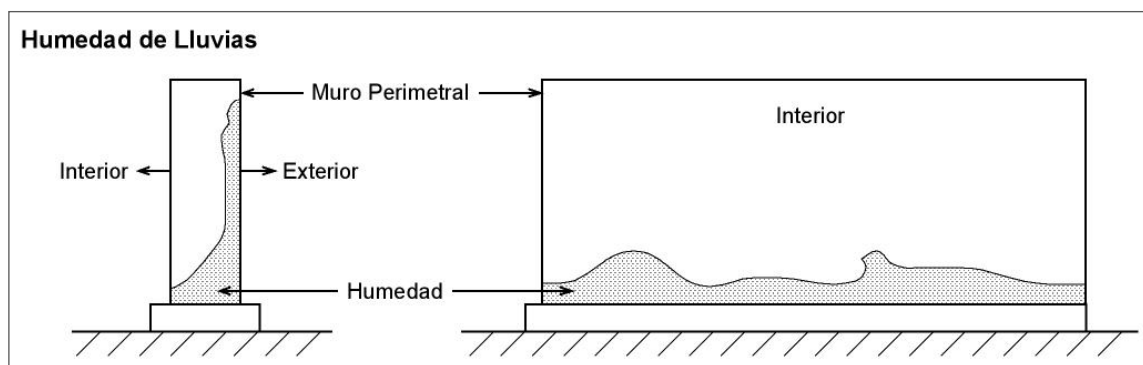


Fig. 177. Humidity from rain (Fernandez 2008, p.12)

- **Humedad del suelo.** El suelo retiene el agua que viene del ambiente, habitualmente más en su cara más externa que en profundidad, pero éste también puede variar con la existencia de aguas subterráneas.

En la construcción, el edificio interactúa de dos situaciones frente a esta humedad: en muros de contención y por capilaridad. En los caseríos la única hoja externa de mampuesto permite a la humedad que pueda ir tanto hacia el ambiente externo que al interno. La transpirabilidad deja

a esta humedad moverse con más libertad, con el objetivo de que exista un equilibrio que evite una concentración que cause problemas estructurales o de confort interior.

Sin embargo en condiciones húmedas, como es el caso de los caseríos, este efecto es más difícil de controlar, por el mismo motivo que la absorción de la lluvia. Los poros están más saturados y su capacidad se reduce, de manera que existe más riesgo de que el agua salga a la superficie. Por lo tanto es más probable que existan humedades superficiales internas que produzcan disconfort interno y que atraigan a bacterias y hongos que afectan al elemento constructivo.

Se manifiesta de la siguiente forma (véase Fig. 163):

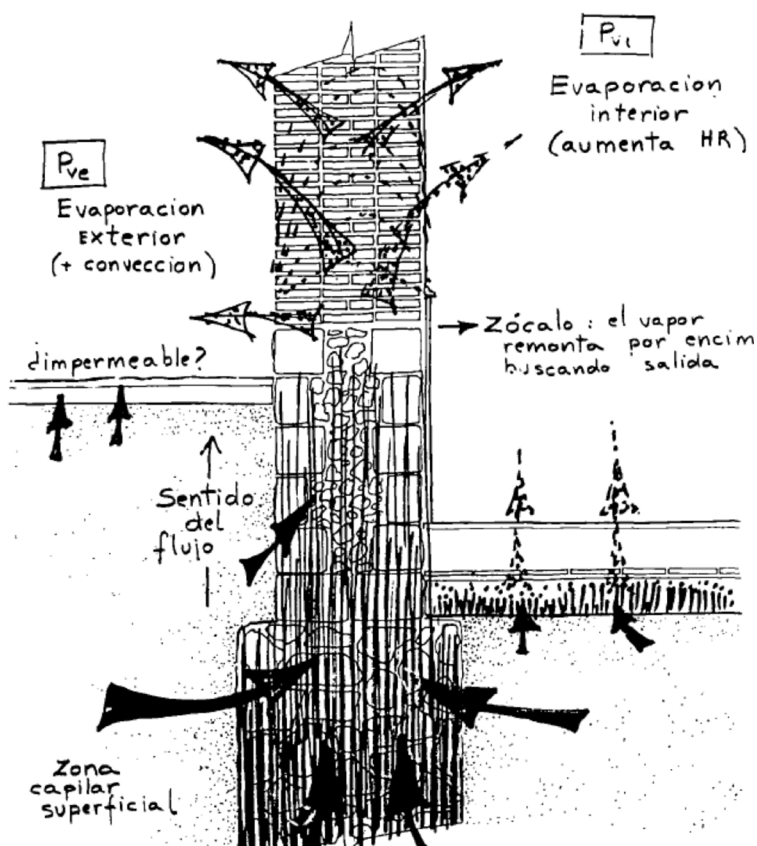


Fig. 178. Thermographic photo South window 10:46 am of 2 of May of 2012 (García 1995, p.18)

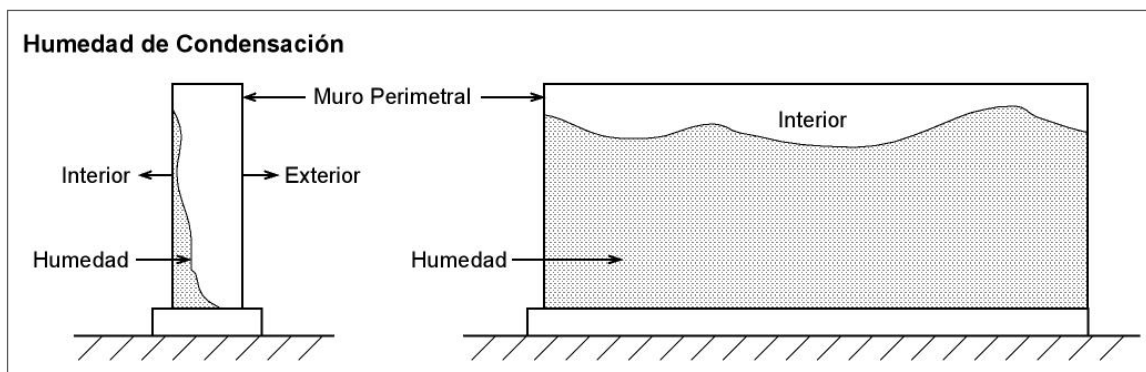


Fig. 179. Humidity from capilarity (Fernandez 2008, p.11)

- **Condensaciones por presión de vapor.** Además, en caseríos es probable también que exista el efecto de la condensación capilar que se produce cuando la humedad relativa es alta y los materiales de la envolvente son de poros pequeños; por ejemplo la caliza del muro. En estos casos el vapor de agua penetra y se condensa en forma de agua líquida, empapando el mampuesto. Se realiza una lectura al respecto.

6.7.5.1. Cálculo de condensaciones en el mampuesto

El estudio del comportamiento del mampuesto de la cuadra frente a las condensaciones superficiales e intersticiales se lleva a cabo a través del software libre “eCondensa” desarrollado por Rafael Villa Burke y se distribuye bajo la licencia GPLv2 o posterior.

La aplicación que todavía se encuentra en fase de desarrollo sirve cálculo el comportamiento higrotérmicos de un cerramiento y además de obtener los valores de coeficiente de transmisión térmica, resistencia superficial también es capaz de mostrar la distribución de temperaturas y presiones

internas y la cantidad de vapor condensado en cada interfase.

Se realizan cuatro informes en base a distintas condiciones climáticas: dos de invierno y dos de verano, y cada uno de ellos con límites higrotérmicos de datos climáticos establecidos por el CTE y de las monitorizaciones realizadas para esta Tesis Doctoral.

Se exponen los límites de las monitorizaciones.

	Winter		Summer	
	HR (%)	T (°C)	HR (%)	T (°C)
External	100	1,33	22,21	32,81
Stable	86,7	4,62	64,84	22,91

Fig. 180. Limits of the condensations' calculations

Los datos de condiciones internas en las cuatro lecturas se realizan en base a las mediciones y se detalla también el cálculo para el cumplimiento del CTE donde se sitúa el espacio interior en condiciones de confort de RITE.

- **Resultados.** Los informes se exponen en el apartado 13.6, donde se concluye que en invierno existen condensaciones superficiales en el mampuesto en las

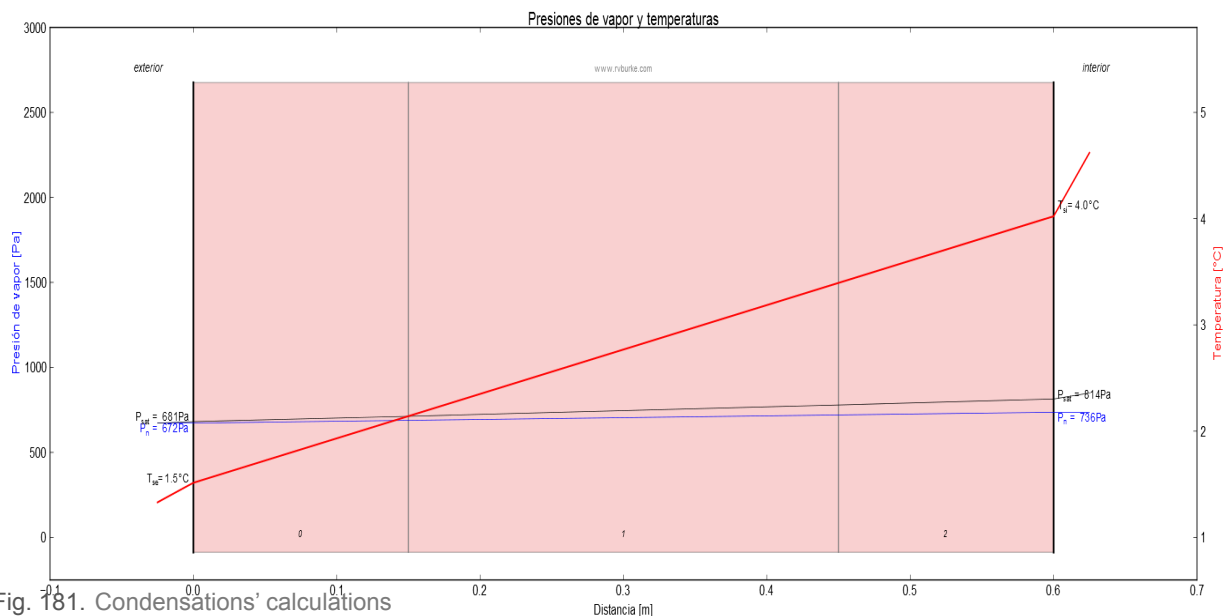


Fig. 181. Condensations' calculations

condiciones reales. Éstas se sitúan en la cara exterior pero tal y como muestra la siguiente gráfica la presión de vapor se encuentra a lo largo de toda la sección cerca de la de saturación por lo que existe riesgo de humedades intersticiales.

Además, en caso de acondicionar la cuadra para un nuevo escenario de uso, aparecen humedades intersticiales debido a que el RITE exige una temperatura interior de 20 °C y por lo tanto la capacidad de agua del ambiente interno sube, la presión relativa baja y la presión de vapor que pasa a través del mampuesto aumenta. Por lo que será necesario cambiar este comportamiento a través de materiales térmicamente aislantestranspirables y/o retardadores de humedad o barreras de vapor mediante láminas impermeables al aire y transpirables al vapor de agua.

- **Otros factores.** Se debe añadir que la forma de los poros también es otro factor que influye en la capilaridad. Puede crear cuellos de botella incrementando las posibilidades de condensación y dificultando la evaporación. Esto pasa cuando el radio efectivo es menor que el radio del poro del material.

Por último, teniendo en cuenta los materiales que constituyen la envolvente del caserío Torre, también es de exponer que la variedad de la capacidad de succión capilar que existe entre ellos altera la capilaridad de elemento constructivo. Pues la composición del muro de mampostería es un factor sustancial en su interacción con el ambiente.

6.7.5.2. El muro de mampostería, el elemento constructivo de la envolvente del caserío Torre.

El muro de mampostería del caserío se configura por mampuestos de caliza recubiertos a base de

mortero de cal que otorga al elemento constructivo una alta transpirabilidad. Sin embargo, este paramento ha sido rejunteado con mortero de cemento como es de costumbre en las actuaciones modernas, de manera que la capacidad de transpirabilidad y la higroscopicidad de la envolvente han sido alteradas.

El cemento es un mortero con mejores características mecánicas que el mortero de cal, pero no es tan poroso y ni tan traspirable. Además debido a su alta conductividad y capacidad térmica aumenta el riesgo de condensaciones capilares y su comportamiento con sales de ambiente es más desfavorable.

Por lo tanto, a pesar de que el espesor del muro externo tampoco funciona en su óptimo comportamiento debido a las continuas precipitaciones y de la alta humedad ambiental del clima vasco, el caserío tal y como existe actualmente no transpira de la misma forma que lo hacía antaño.

De esta forma, en esta experimentación se realizan mediciones higrométricas superficiales en distintos paramentos del caserío Torre con la finalidad de conocer el comportamiento real del muro a las condiciones de clima vasco.

6.7.5.3. Mediciones higrométricas del caserío Torre.

Las mediciones de humedad superficial se llevan a cabo el día 18 de Julio de 2012 mediante el indicador de humedad dieléctrico de baja frecuencia TROTEC T650. Éste se suele usar con el fin de detectar las concentraciones de agua de manera no destructiva.



Fig. 182. TROTEC T650 moisture meter (TROTEC 2011)

Los valores que se muestran en este análisis son los que se exponen en el manual de TROTEC T650.

En este caso se basan los valores de la envolvente

de la mampostería en las indicaciones denominados como *otro material*.

Se analizan distintos paños y elementos constructivos para ver el comportamiento higrotérmico externo e interno del caserío.

	INDICACIÓN [Dígito]	CAMPO DE HUMEDAD
MADERA	< 50 dígitos	Seco
	> 80 dígitos	Límite de saturación
OTRO MATERIAL	< 50 dígitos	Seco
	40-80 dígitos	Húmedo
	> 80 dígitos	mojado

Fig. 183. TROTEC T650 moisture meter values (TROTEC 2011)

- **Muro norte.** El muro de mampostería norte sostiene a la ladera que tiene una pendiente pronunciada hacia el sur y que además traslada las aguas acumuladas desde la cima del monte. De manera que existe una alta concentración de agua cerca de la ventana inferior resultando

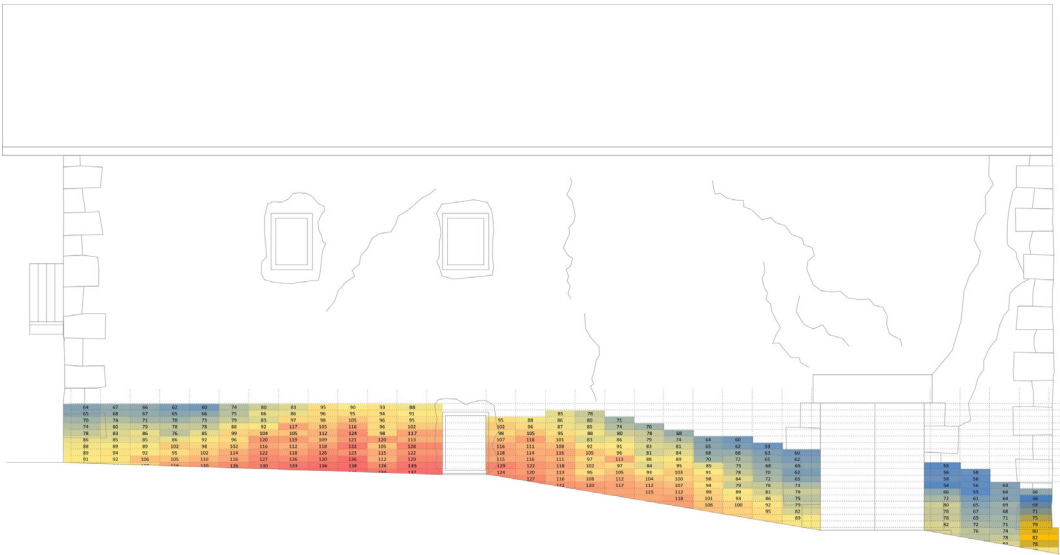


Fig. 184. Superficial moisture analysis; North facade

que la cara externa del muro en este punto esté totalmente empapada. Los valores de la medición llegan a un máximo de 138, cuando a partir de 80 se considera que la superficie esta mojada.

Fuera del alcance de esta focalización de agua el mampuesto está generalmente húmedo debido a la capilaridad que sufre desde el suelo mojado. Se aprecia un descenso estable y continuo a medida que la cota de la medición es más alta. Los valores a partir de 20-50 cm se mueven entre 55 y 78, considerándose así que el paramento está húmedo.

La sección transversal del muro en la cuadra demuestra que el muro por su cara interna está más húmeda que en su cara externa, debido a la capilaridad interna y la evaporación del agua que proviene del suelo contenido por el muro. La falta de movimiento de aire interna que seque estas zonas y el gran espesor del muro, además de que el suelo no deje transpirar al muro, hacen que se produzcan altas concentraciones hídricas en la superficie

interna. La medición llega a 165. Esta humedad además del discomfort interno que genera, es causante de posibles lesiones y de aparición de concentraciones internas de sales en forma de eflorescencias.

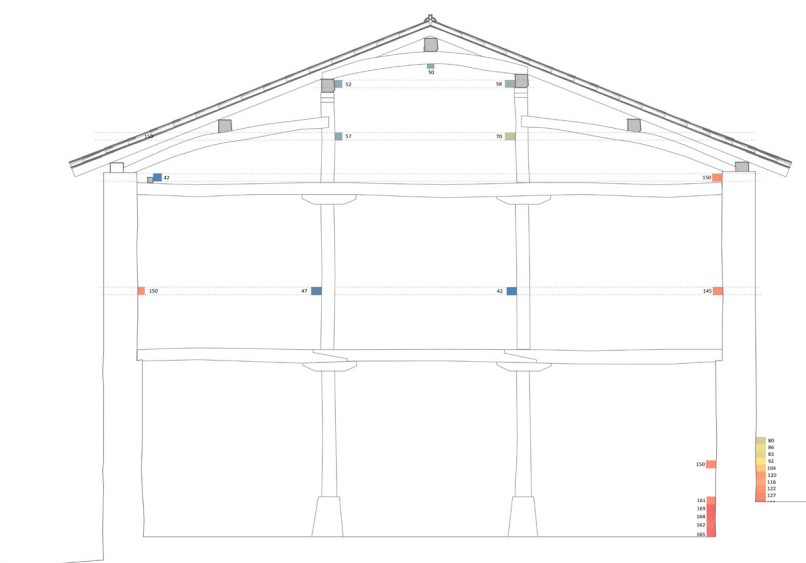


Fig. 185. Superficial moisture analysis; East transversal section

- Muro oeste.** A pesar de que es el muro más expuesto a los efectos climáticos desfavorables, la medición de la mampostería de la fachada oeste se encuentra de manera generalizada y estable en sus valores de la humedad superficial debido a que en los días previos de la medición no existieron precipitaciones. Sólo existen lluvias a última hora de la tarde, posterior a la medición (Euskalmet 2015a).

Los sillares de este paño son los que se encuentran más secos, con valores por debajo 45. Esto se debe a que la porosidad de la caliza es inferior al cemento y la velocidad de ascenso por absorción capilar es también menor.

Sin embargo, a partir de una cota aproximadamente de 90 cm, el mampuesto está mojado, llegando incluso a máximos de 144. Esto se debe probablemente a que los paramentos internos de la cuadra estén totalmente mojados por algún motivo, de manera que higroscópicamenteel agua

acumulada sale a la cara externa.

La cara interna del muro oeste está más húmeda que la externa, con un máximo de 172. Sin embargo, al contrario que los otros paños, la humedad en este muro va aumentando en la medida que la cota de medición sube. De manera que aparte de la capilaridad de la cara interna, existe una humedad interna ambiental que la cuadra no es capaz de expulsar (véase Fig. 147).

Tal y como se lee en la monitorización de Torre del día 12 de Julio se mantiene una humedad relativa media de 84,56 % con una variación de apenas 4%, llegando a un máximo de 86,7 %. La temperatura está en valores de confort, 21,7 °C de media y la humedad ambiental exterior según Euskalmet a 89%.

12th July	STABLE	
	T [°C]	HR [%]
Average	21,7	84,6
Min	21,2	82,6
Max	22,0	86,7

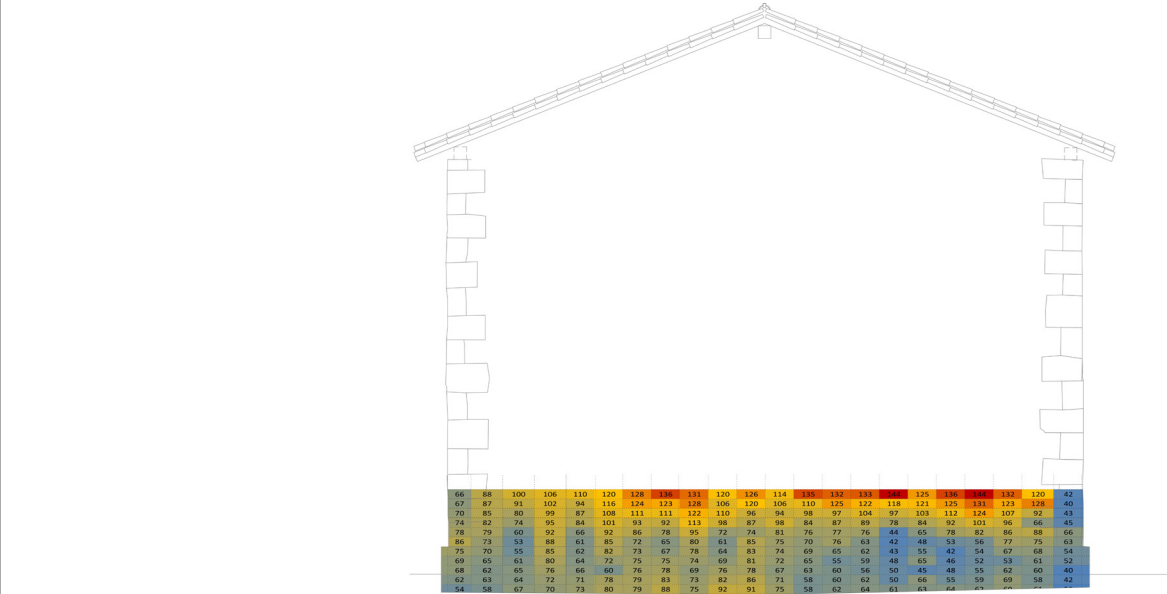


Fig. 186. Superficial moisture analysis; West facade

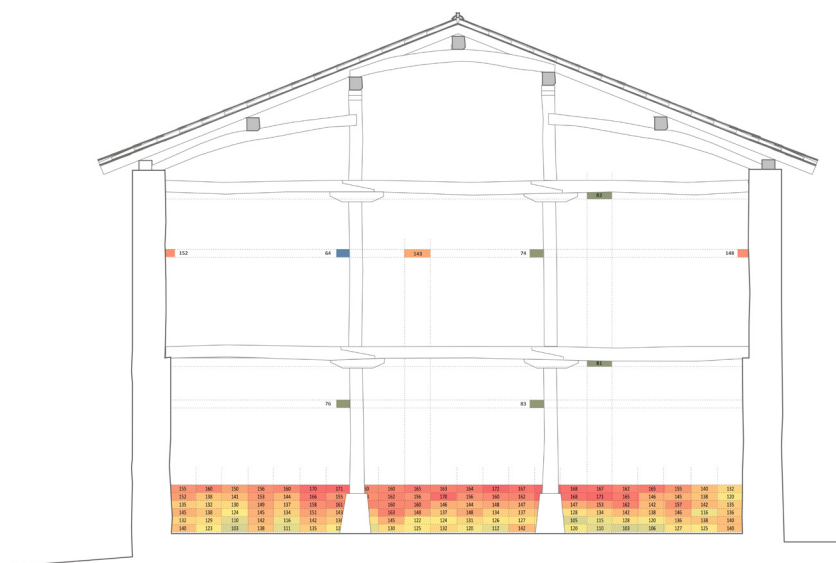


Fig. 188. Superficial moisture analysis; West transversal section

Por lo tanto se concluye que la alta humedad ambiental interna de la cuadra es absorbida por los paramentos y debido a que existe una falta de ventilación que seque y ayude a evaporar, el agua sale a la superficie interna. En este sentido, el muro intenta transpirar y expulsar el agua hasta que encuentra el camino en otros puntos de la cara interna –de aquí que la superficie interna de paramento húmedo sea más extensa- y en la otra cara del muro. De esta forma se causan la concentración de humedad en la cara externa.

Por lo que respecta a que la humedad superficial sea más importante en cotas más altas, puede ser

motivo a la humedad higroscópica de los materiales. De manera que la succión capilar sea más intensa y mueva el agua hasta puntos más altos (Fig. 173) .

Estas conclusiones requieren de estudios más exhaustivos que diagnostiquen de manera más certera mediante análisis de muestras en laboratorio y/o de otro tipo.

Para terminar, se añade que en caso de que el caserío estuviese activo, albergando el ganado en la cuadra, estas condiciones probablemente se empeorarían debido a que los animales generarían un aumento de calor y de humedad.

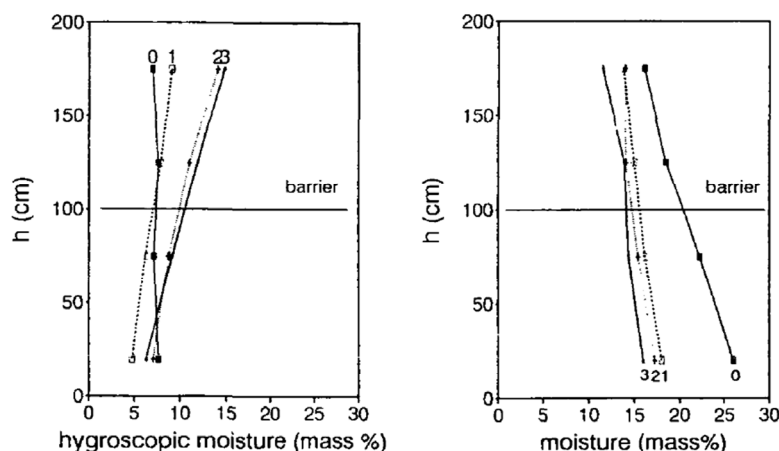


Fig. 189. Moisture graphs (García 1995, p.89)

6.7.6. Comportamiento higrométrico de la madera

La madera es uno de los materiales que más presentes está en los edificios más tradicionales debido a su resistencia mecánica, comportamiento higrotérmico, preservación y sobre todo, su buena trabajabilidad. (Gerbaudo, Capdevila et al. 2010, p.8).

En el caserío la madera es un material esencial que alberga un comportamiento estructural vital que posibilita desde pórticos como en el caso de Torre, a sistemas de gran complejidad que eran habituales en los caseríos de tipología guipuzcoana.

En el caserío Torre en concreto, el estado actual de los elementos de madera muestra una cierta variedad. Pues tal y como se puede apreciar en las figuras Fig. 145 y Fig. 173 la madera esta seca en los elementos de la sección Este, húmedas pero por debajo del límite de saturación en el pajar - <80 de valor del medidor TROTEC- y por encima de éste límite en la cuadra. Por lo tanto, las condiciones de la cuadra no son las adecuadas para la madera.

En este sentido, basándose en el análisis realizado por el laboratorio de Dr. Luis Acuña del Departamento de Ingeniera Agrícola y Forestal de la Universidad de Valladolid, las muestras de la mitad oeste del caserío, se encuentran bajo un ataque de hongos. Sobre todo, los de la cuadra que manifiestan distintas densidades debido a un importante grado de ataques. Por lo tanto, se concluye que esta secuela sea producto de las desfavorables condiciones ambientales que han sido sometidos históricamente los elementos constructivos en la cuadra. La alta humedad ambiental con el vapor de causado por los animales y con el agua proveniente de la limpieza necesaria del espacio, además del estiércol y la orina, son probablemente factores que contaminan el ambiente y el estado de los elementos de madera.

6.7.7. Resumen del comportamiento higrotérmico del caserío vacío

Previamente en este apartado se han expuesto las condiciones reales de la cocina y la cuadra. Sin embargo, la simulación energética calibrada permite conocer el comportamiento de todas las zonas. De manera que se realiza una lectura de la respuesta energética integral del caserío Torre, como ejemplo de un caserío de la tipología vizcaína en desuso a lo largo de un año climático típico de la zona de Urdaibai.

Este es el esquema de los espacios internos.

Se exponen los dos compartimentos de todas las zonas del caserío durante la semana media más fría y el día más caluroso del año, en el que no haya precipitaciones con la finalidad de corroborar la respuesta energética durante los límites térmicos e hídricos.

6.7.7.1. Comportamiento del caserío en invierno

El caserío Torre en la semana media más fría muestra generalmente unas condiciones templadas tal y como se ha expuesto previamente en el análisis de la monitorización de la cuadra y cocina.

En esta lectura integral las condiciones ambientales generales se mantienen, pero cabe destacar la variación higrotérmica que existe entre los espacios internos.

En la siguiente página se exponen las características más importantes:

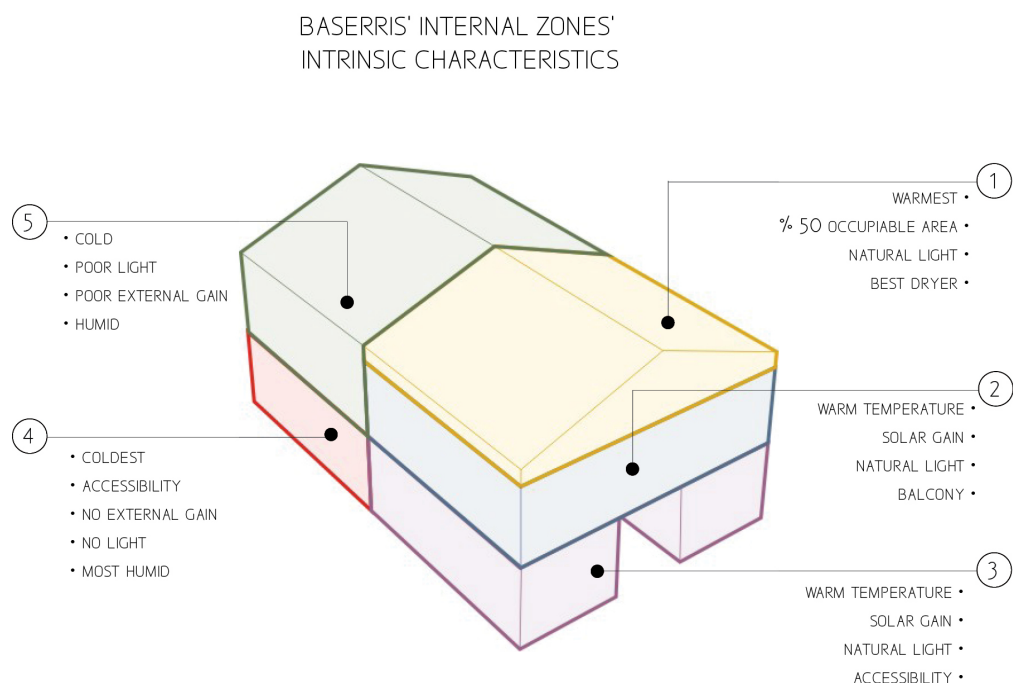
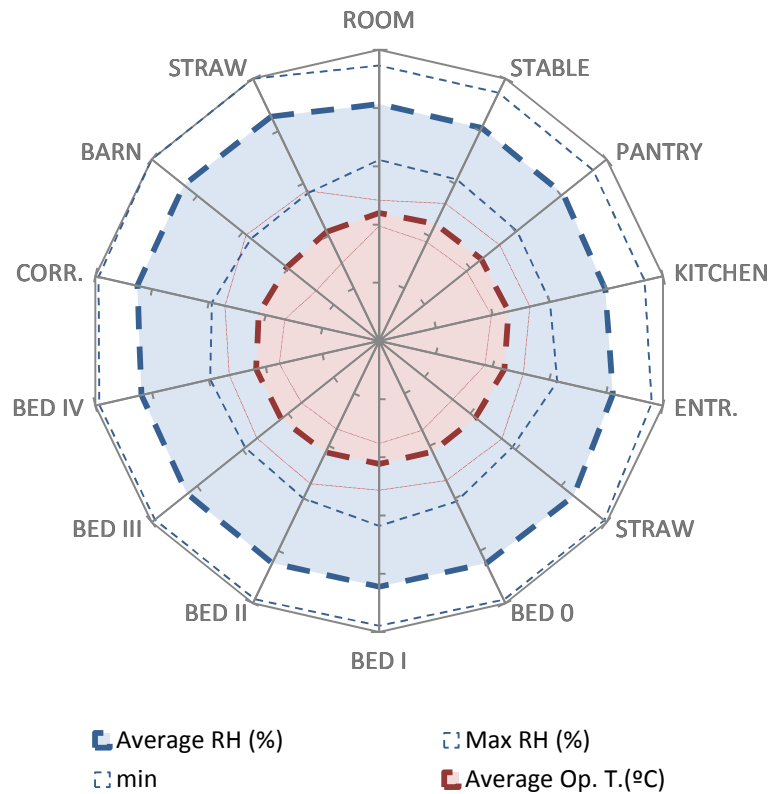


Fig. 190. Baserris' bioclimatic behavior

Higrothermal behavior Torre Baserri in Winter



		OPERATIVE (°C)			HUMIDITY (%)			SOLAR GAINS (W)	
		average	max	min	average	max	min	average	max
MAIN FLOOR	ROOM	9,67	10,63	8,69	88,83	96,77	77,32	6,76	62,19
	STABLE	9,82	11,53	8,30	88,73	96,76	76,95	37,42	242,84
	PANTRY	9,89	11,64	8,46	88,53	96,43	76,34	30,44	106,91
	KITCHEN	10,04	11,68	8,70	87,81	96,11	76,13	14,53	31,06
	ENTR.	9,70	11,18	8,20	89,41	97,63	77,65	5,05	31,06
1ST FLOOR	STRAW	9,31	11,87	7,11	91,28	99,35	75,14	28,74	212,20
	BED 0	9,30	11,71	7,50	90,89	99,23	76,74	4,83	29,66
	BED I	9,30	11,29	7,76	90,68	98,74	78,14	7,01	62,08
	BED II	9,34	11,99	7,39	90,82	99,10	76,02	25,66	221,26
	BED III	9,46	11,81	7,51	90,61	99,11	75,30	21,07	162,67
	BED IV	9,54	11,62	7,74	90,25	99,19	75,72	14,37	106,10
	CORR.	9,33	11,95	7,32	91,12	99,32	75,37	0,00	0,00
2ND	BARN	8,93	12,86	6,08	91,51	100,00	73,78	62,83	444,93
	STRAW	9,14	12,61	6,52	91,34	100,00	73,83	50,89	370,22
BASERRI		9,48	12,86	6,08	90,13	100,00	73,78	22,12	444,93

Fig. 191. Baserri's internal conditions in the winter

- **Ambiente frío y húmedo.** El caserío Torre en general durante la semana más fría manifiesta unas condiciones frías y húmedas. La temperatura media general es de 9,48 °C, con máxima de 12,86 °C y una mínima de 6 °C. Por lo que respecta al comportamiento higrométrico, presenta una humedad relativa media excesivamente alta, de 90,13 %, pese a que el granero y el pajar lleguen a unos mínimos más secos.

- **La cocina, la zona templada.** A pesar de que existan variaciones en cuanto a las temperaturas internas y sobre todo a las condiciones higrométricas internas, la cocina es la zona más templada y más seca. Presenta una temperatura media interna más alta, 10 °C, y una humedad relativa más cercana a los estándares de confort, 87,81%.

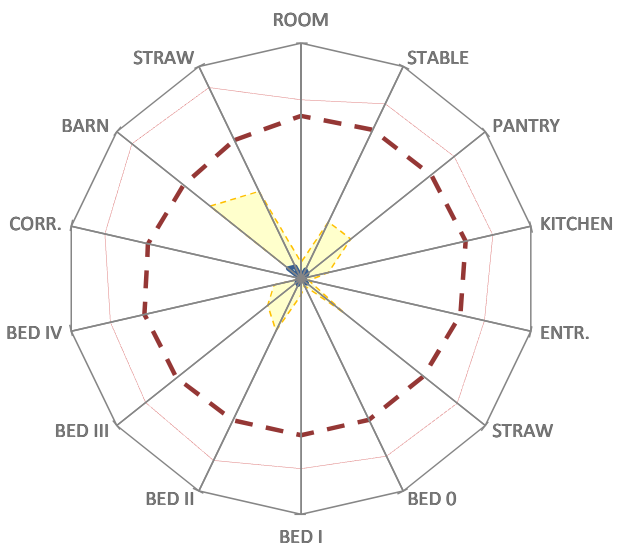
- **Pajar y granero con oscilaciones considerables.** Sin embargo, el pajar y el granero al estar situados en bajo cubierta están más expuestos a las condiciones externas y manifiestan un comportamiento distinto, con más oscilaciones y con picos que están lejos de la cocina. De manera que cuando las temperaturas del ambiente bajan, estos espacios manifiestan un mínimo térmico de 6,08 °C. Además cuando la humedad relativa ambiental se dispara por motivo de lluvia o brisa, las moléculas de aire de estas zonas también se saturan. Cabe destacar que todo el edificio presenta una humedad relativa máxima superior a 96%.

Por otra parte, la radiación difusa aporta calor a la cubierta de teja con alto grado de conductividad, subiendo las temperaturas internas a máximos de casi 13 °C. Pues,

la ganancia solar llega a aportar 444,93 W en este período, secando el ambiente hasta 73,78 % en las plantas superiores, mientras por ejemplo en la cocina la mínima es de 76,13 %.

En la siguiente gráfica se aprecia como suben las temperaturas en los espacios que disfrutan de la ganancia solar.

Solar gains in Torre Baserri in Winter



■ Max RH (%) ■ Average RH (%) ■ Average Op. T. (°C) ■ Max Op. T. (°C)

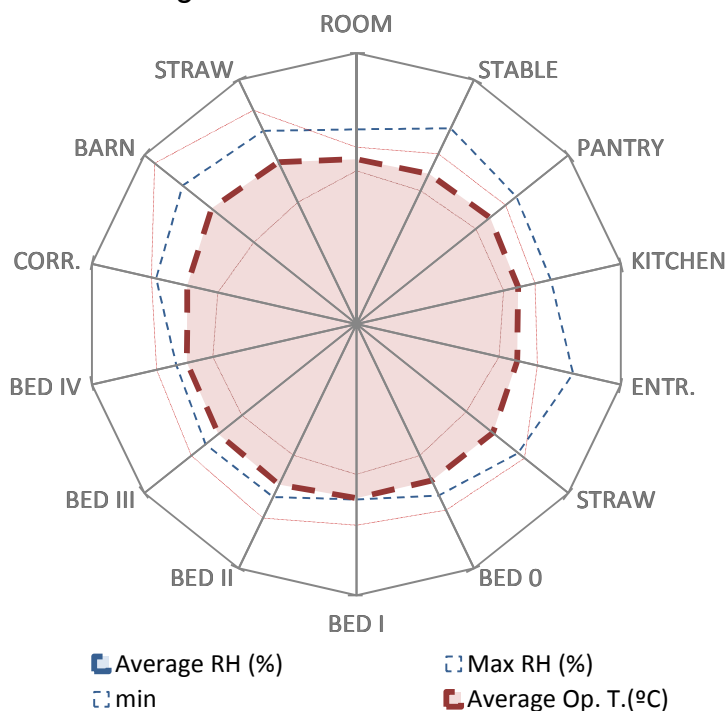
Fig. 192. Solar gains in the winter

- **Efecto de la radiación.** La radiación solar es un factor energético sustancial que proporciona una rica variedad en las condiciones higrotérmicas del caserío. Durante la semana más fría llega a aportar un máximo de 444,93 W al granero, y 492,42 W al espacio de doble altura del pajar. De esta forma se aumentan las temperaturas y se disminuye la humedad relativa. En estas estrategias de aporte calorífica por la cubierta, la separación entre sí de la lata o el entablado de madera de la cubierta es fundamental.

6.7.7.2. Comportamiento del caserío en verano

La semana media más calurosa del año el caserío se comporta de la siguiente manera:

Higrothermal behavior Torre Baserri in Summer



		OPERATIVE (°C)			HUMIDITY (%)			SOLAR GAINS (W)	
		average	max	min	average	max	min	average	max
MAIN FLOOR	ROOM	21,31	22,85	19,81	67,40	83,12	61,20	52,32	213,21
	STABLE	21,55	24,41	19,11	66,30	88,12	54,61	161,17	400,45
	PANTRY	22,06	24,64	19,74	65,16	85,27	53,48	87,56	335,50
	KITCHEN	21,43	23,65	19,48	66,69	84,13	57,31	47,20	167,73
	ENTR.	21,30	23,96	18,89	66,96	89,19	55,48	25,24	52,11
1ST FLOOR	STRAW	22,52	27,75	18,13	64,68	85,78	44,71	86,31	330,45
	BED O	22,41	26,66	18,84	64,27	82,08	46,58	24,37	51,12
	BED I	22,45	25,96	19,40	64,08	78,81	49,11	52,19	212,41
	BED II	22,99	27,79	18,78	63,78	82,47	45,64	165,18	356,15
	BED III	22,76	27,25	18,90	63,74	82,69	45,05	91,30	259,15
	BED IV	22,43	26,46	19,01	64,02	80,87	47,02	43,02	165,22
	CORR.	22,40	27,15	18,35	64,40	85,46	44,32	0,00	0,00
2ND	BARN	23,93	33,31	16,94	64,59	89,19	40,94	300,31	774,76
	STRAW	23,21	30,66	17,46	64,36	87,50	41,10	200,68	683,26
BASERRI		22,34	33,31	16,94	65,03	89,19	40,94	102,87	774,76

Fig. 193. Baserri's internal conditions in the summer

- **Espacios en confort.** Durante éste periodo de tiempo existe bienestar en el caserío Torre de forma generalizada. Con una temperatura media de 22,34 °C y una humedad relativa de 65,03 % global, las medias higrotérmicas en todas las zonas están dentro de los baremos de confort. Sin embargo, existen picos en disconfort.
- **Granero y el pajar en disconfort.** Las condiciones límite del caserío se ubican en el granero. La mínima y máxima térmica en esta zona pueden llegar a 16,94 °C y 33,31 °C respectivamente, mientras la humedad cae a 40,94 %. Este comportamiento es debido a las ganancias solares que varían según la nubosidad. El aporte solar puede llegar hasta 774,76 W en el granero. Así se posibilita que este espacio cumpla su función agropecuaria: el secado de granos. Asimismo, el pajar también se acerca a estas condiciones higrotérmicas para el mantenimiento adecuado de la paja almacenada.
- **Edificio húmedo.** A pesar de que el promedio higrométrico cumpla con las condiciones de confort, el máximo durante la semana de verano oscilan entre 83,12 % a 89,19 %.
- **Necesidad de ganancia interna.** Incluso en la semana más calurosa algunas zonas de caserío llegan a mínimos térmicos de aproximadamente de 17 °C.

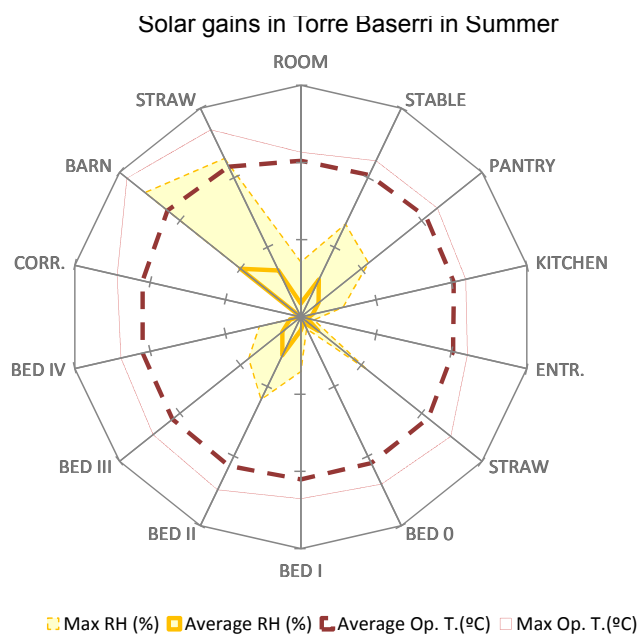


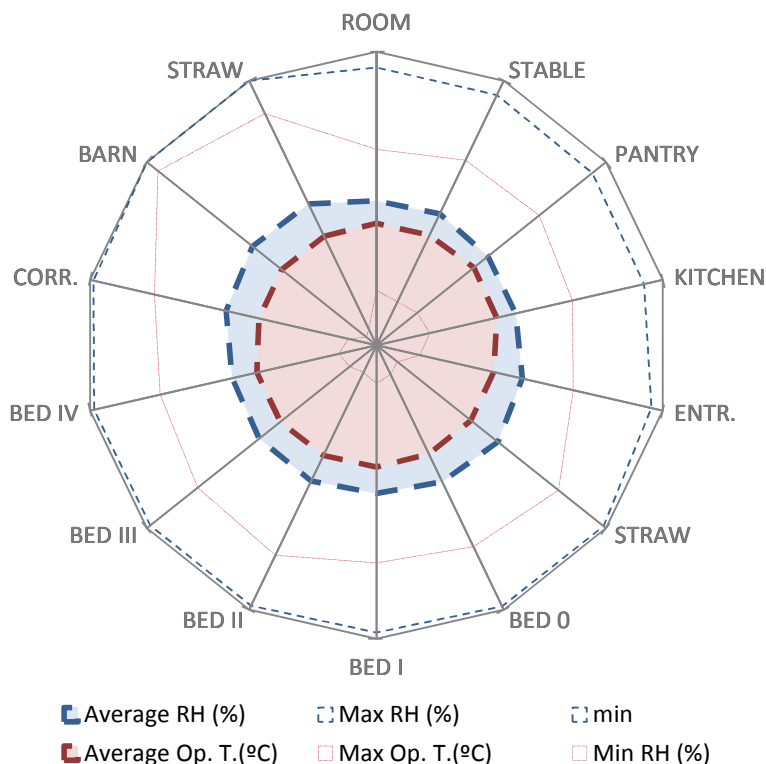
Fig. 194. Solar gains effect in the summer

6.7.8. El comportamiento bioclimático del caserío

y húmedo que a pesar de que se encuentra fuera de la zona de confort durante 73% de las horas a lo largo del año, responde de manera eficiente

El caserío Torre por lo tanto, es un edificio templado

Higrothermal behavior Torre Baserri



		OPERATIVE (°C)			HUMIDITY (%)			SOLAR GAINS (W)	
		average	max	min	average	max	min	average	max
MAIN FLOOR	ROOM	14,54	23,35	6,53	69,53	96,77	46,46	24,99	274,99
	STABLE	14,54	24,49	5,75	69,80	96,76	45,63	97,54	502,02
	PANTRY	14,86	24,82	6,20	69,14	96,43	45,28	88,74	697,90
	KITCHEN	14,70	23,96	6,53	69,18	96,11	46,13	32,58	323,66
	ENTR.	14,35	24,06	5,30	70,57	97,63	46,26	14,36	70,69
1ST FLOOR	STRAW	14,39	27,75	3,21	71,74	99,35	39,91	62,85	647,00
	BED 0	14,40	26,66	3,86	70,99	99,23	41,57	13,80	69,43
	BED I	14,53	25,96	4,58	70,31	98,74	43,50	25,12	273,83
	BED II	14,59	27,79	3,58	70,79	99,10	40,78	92,26	968,13
	BED III	14,65	27,25	4,09	70,64	99,11	40,35	54,93	416,15
	BED IV	14,63	26,46	4,60	70,25	99,19	41,80	31,40	323,50
	CORR.	14,35	27,15	3,42	71,53	99,32	39,79	0,00	0,00
2ND	BARN	14,45	33,31	1,53	72,40	100,00	37,18	170,36	1128,11
	STRAW	14,41	30,66	2,13	72,06	100,00	37,27	123,11	683,26
BASERRI		14,53	33,31	1,53	70,64	100,00	37,18	59,43	1128,11

Fig. 195. Baserri's bioclimatic behavior

a las condiciones externas. Pues las condiciones externas están en discomfort 88 de las horas del año. El caserío evita los picos externos a través de una inercia térmica eficaz que proporciona al edificio un ambiente interno templado con una temperatura media anual de 14,53 °C y una humedad relativa de 70,64 %.

- **Espacios fríos.** A pesar de que se mejoren las condiciones externas, el caserío es un lugar frío. Puede llegar a niveles de confort, incluso sobrepasarlos en casos puntuales, pero generalmente el edificio necesita una mejora de la envolvente para que la energía generada y almacenada. Los mínimos anuales no bajan de los 6,53 °C y como se ha comentado, la media anual es 14,53 °C
- **Espacios húmedos.** La humedad en el caserío es un factor que se debe controlar, pues la media es de 70,64%. Las condiciones higrométricas externas varían a lo largo del año, incluso del día. Se recuerda que el clima general se puede distinguir en mañanas húmedas y tardes en confort; de forma que existe una oscilación anual de mayor que 50 % que llega a la saturación del ambiente. Por ello, es necesario que exista un control adaptativo, que no deje que la humedad relativa supere los estándares de confort. Además cabe añadir que la humedad proveniente del suelo por capilaridad es otro factor que se debe tener en cuenta.
- **Variedad higrotérmica.** Tal y como se ha comentado, el caserío además muestra una variedad higrotérmica importante entre de las zonas internas derivada de distintos factores como el aporte solar, la humedad proveniente del suelo y de los sistemas constructivos que configuran

cada espacio. Destacan la diferencia entre el comportamiento pasivo de las zonas bajo cubierta, sobre todo del granero, y el de la cocina.

La función de cada uno de ellos dentro del uso diario del edificio exige unas condiciones específicas que el caserío responde de manera pasiva en la medida que el clima le permite.

· Cocina. Aprovechando la inercia de los muros de mampostería se ubica entre el muro cortafuegos y la pared externa que absorbe el calor del sol. Así consigue una oscilación térmica de tan solo 18,62 °C durante todo el año, que varía entre un mínimo de 6,53 °C y un máximo de 24,82 °C. La humedad relativa media del año a pesar de que sea alta, 69,18%, es la más reducida del edificio.

· Granero. El granero se sitúa en el espacio bajo cubierta de la mitad este. Es el espacio adyacente del pajar en la planta segunda. Como el objetivo primordial de su función es el de secar los granos cultivados de los campos, el caserío es capaz de generar un espacio ventilado que llega a un máximo de 33,31 °C con una humedad relativa mínima de 37,18 %.

- **Radiación solar.** Al no haber ninguna ganancia activa y al ser la única ganancia pasiva, la radiación solar es un factor vital para entender el comportamiento energético del caserío. Tal y como se ha expuesto en la lectura del soleamiento del caserío Torre, el edificio no aprovecha todas las ganancias que el sol le puede proporcionar debido a la reducida dimensión de sus huecos. Sin embargo, mediante los materiales de la envolvente es capaz de proporcionar unas condiciones higrotérmicas no tan inapropiados, incluso logra generar un espacio para el secado de granos.

Por lo tanto se demuestra que en la medida que el clima le permite, el caserío responde bioclimáticamente de manera adecuada a los requerimientos higrotérmicos establecidos para cada estancia.

Cabe recordar que éste análisis expone el comportamiento bioclimático de un caserío vacío, sin ningún aporte interno. Por lo que en el momento que albergue un uso sus condiciones internas mejorarán de forma importante.

6.7.9. Claves para una adaptación energética del caserío a los nuevos estándares de confort

Una vez conocido el comportamiento se exponen las claves bioclimáticas para una adaptación

energética adecuada. Sin embargo estas estrategias dependen de los requerimientos higrotérmicos internos de cada uso, de manera que para esta sección se comparan las condiciones internas con las exigencias de confort actuales para uso residencial. Así pueden servir para mostrar las claves de adaptación higrotérmica más relevantes.

Tal y como se aprecia en el gráfico el caserío es un edificio templado. Los valores absolutos muestran la necesidad de aumentar la **temperatura interna durante casi todo el año y que los máximos de las épocas más calurosas se encuentran con holgura dentro de los márgenes de confort.** De forma que la demanda energética del caserío vinculada al confort se fundamenta sobre todo en la calefacción, pues no existe demanda de refrigeración²

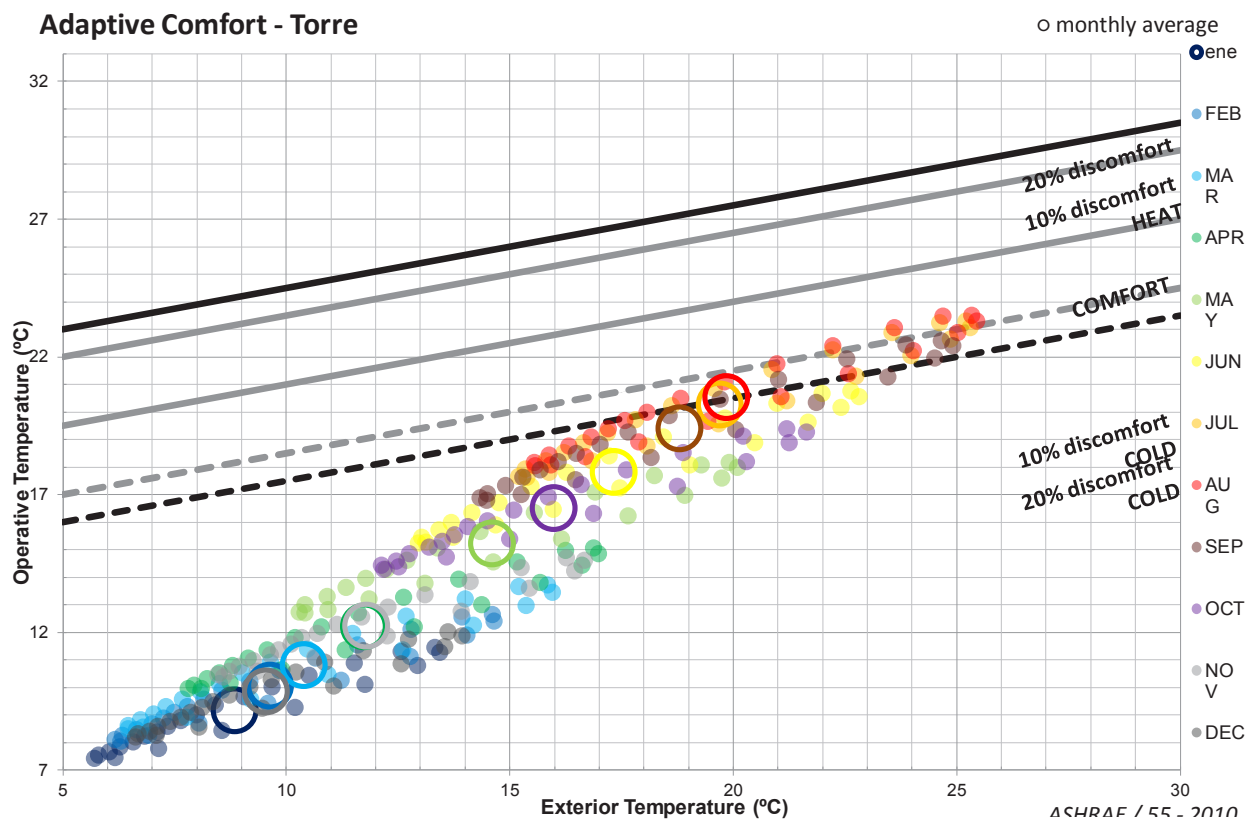


Fig. 196. Adaptive confort analysis of Torre Baserri

2 - La demanda energética que se menciona no es la primaria, pues se basa únicamente en la demanda energética vinculada al confort higrotérmico. Por lo que se considera una limitación del estudio-

Tal y como se expone en el apartado 4.5.5. existen cinco estrategias principales que ayudan a disminuir de manera pasiva la energía necesaria para adaptar el caserío al nuevo uso.

Sin embargo la inercia térmica es una estrategia intrínseca del propio caserío, por lo que estará presente en el plantemiento de todas las estrategias.

• **ESTRATEGIA 1. Criterio energético para la adecuación del uso al caserío.**

Primero, y ante todo, se debe adecuar de forma inteligente el nuevo uso del caserío a su comportamiento bioclimático intrínseco. Es decir, es necesario que a la hora de definir la nueva adaptación se diseñe también bajo rigor energético. Establecer los nuevos usos de las estancias según el comportamiento higrotérmico existente y los nuevos requerimientos de confort.

En ese sentido, en el apartado 6.7.7. y en la figura Fig. 174 se han expuesto las características higrotérmicas que presenta cada una de las estancias del caserío Torre.

- **Ubicar estancias con perfiles de calefacción más continuos en las plantas bajas.** Se aprecia que las estancias de planta baja gozan de más capacidad térmica por lo que se recomienda ubicar aquí en esta zona los usos más exigentes y continuos.

Cabe destacar que el muro cortafuegos aporta inercia térmica a las estancias cercanas por lo que se recomienda ubicar los usos con perfiles horarios más amplios cerca de este elemento característico. Este factor puede ser sustancial en la rehabilitación del caserío puesto que en caso que se opte por aislar por dentro la envolvente térmica, puede no ser parte de esa envolvente

y convertirse en el único elemento con capacidad térmica que esté en contacto con estancias internas.

- **Usos más exigentes en la orientación sur y planta baja.** Las estancias más cercanas al muro sur muestran unas condiciones higrotérmicas más favorables. Por lo que se recomienda situar los usos más exigentes en el lado sur de la planta baja.
- **Adecuación de los espacios bajocubierta.** Las características higrotérmicas del granero y el pajar son los adecuados para la función de secado. Son estancias sensibles a las ganancias solares que presenta picos térmicos diarios y una ventilación continua. Por ello, su adecuación dependerá de las necesidades del nuevo escenario de uso. Sin embargo, ha de tenerse en cuenta que una intervención en la envolvente de esta estancia modifica radicalmente su comportamiento. Por ejemplo el aporte térmico desde la cubierta o la ventilación derivada de los huecos entre la durmiente y cabio, son factores altamente sensibles a una intervención.

Por lo que el siguiente paso es analizar los requerimientos higrotérmicos y la ocupación de los usos del nuevo programa y adecuarlas a ese funcionamiento previo.

Esta tarea se desarrolla en el apartado nº7.

- **Mejora de la transmitancia térmica y el aprovechamiento de la inercia térmica.**
-

Las bajas temperaturas y la humedad alta del caserío encuentran la solución en un aumento de las temperaturas que ayuden a reducir la humedad relativa del ambiente y a secar los paramentos

externos. Por ello la segunda estrategia es la mejora de la capacidad de aislamiento de la envolvente calefactada que reduzca la pérdida calorífica. El gráfico del confort adaptativo de la fig.180 muestra que en la mayoría de los meses las temperaturas medias están por debajo de los actuales requerimientos de confort. Por lo que la mejora de la envolvente ayuda a aumentar de forma casi equilibrada todos estos valores.

Cabe destacar que la mejora de aislamiento de la envolvente presenta dos variables que se deben controlar. El grado de reducción de la transmitancia térmica y la ubicación del material aislante.

La mejora de transmitancia térmica puede llegar a generar problemas de sobrecalentamiento, sobre todo en los meses de verano.

Por lo que respecta a la ubicación del material aislante, existen dos posibilidades. Situarlo en la cara externa o interna, por un lado situar el aislamiento por el interior de la envolvente impedirá al muro de mampostería ofrecer su inercia térmica directamente a espacios internos. Pese a ello, en esta estrategia el muro mantiene la capacidad de amortiguar las temperaturas externas, por lo que la diferencia térmica entre la superficie interior y la exterior del aislamiento es menor y por lo tanto el espesor necesario de aislamiento disminuye.

Por el otro lado, los sistemas de aislamiento por exterior, como la fachada ventilada o el SATE, permiten que el muro mantenga mejor las temperaturas internas y además impide que la energía acumulada en la mampostería salga hacia el exterior. Ésta solución pone en valor el comportamiento bioclimático intrínseco del caserío, y energéticamente encaja con escenarios de uso continuo.

Sin embargo, tal y como se expone en la última fase de experimentación, el aislamiento exterior altera considerablemente la arquitectura de los caseríos por lo que se tendrá que valorar su rendimiento

energético-patrimonial.

• Mejora de aporte solar.

Partiendo de la necesidad de aumentar las temperaturas internas y de la reducida cantidad de ganancias solares que aprovecha el caserío – véase Fig. 148-, la adopción de las estrategias de mejora de aporte solar energéticamente son muy recomendables.

En la construcción existen distintas formas de obtener las ganancias solares de manera pasiva. Estrategias bioclimáticas como los muros trombe, muros de agua o invernaderos son sistemas eficientes que aumentan el efecto de las ganancias térmicas. Pero sin embargo, las estrategias más habituales son el aumento de superficie de huecos y el almacenamiento mediante inercia térmica de la envolvente.

El caserío por su arquitectura se fundamenta sobre todo en esta última estrategia. De manera que la incorporación de aislamiento en los muros que más ganancias solares absorben puede ser en cierto punto contraproducente con el aprovechamiento de la inercia. Si se aísla por fuera, se impide que el muro se caliente y en caso de que se instale por dentro, el aislamiento impide que el calor almacenado se transmita hacia el interior.

Por lo que respecta al aumento de superficie de huecos, como se ha expuesto en la presente diagnosis el caserío al ser un edificio cerrado tiene margen para aprovechar mejor las ganancias solares que le ofrece el clima y así mejorar las condiciones higrotérmicas internas. Por lo que es una estrategia energéticamente muy recomendable sobre todo para las zonas bajas.

Sin embargo, esta estrategia se topa que es una actuación que altera considerablemente el patrimonio y además de forma irreversible.

- Mejora del grado de infiltración de la envolvente.
-

La última estrategia es la mejora de infiltración de la envolvente. En el caso del caserío Torre, la mampostería como sistema de envolvente en este sentido trabaja de forma apropiada, pero el grado de infiltración de los huecos y puertas y sobre todo de los espacios bajo cubierta ofrece una holgura importante.

La mejora del grado de infiltración de estos espacios conllevará una reducción muy considerable de las pérdidas caloríficas por lo que las temperaturas a lo largo de todo el año aumentarán.

El potencial energético de estas estrategias se cuantifica a lo largo de esta experimentación. Véase los siguientes apartados.

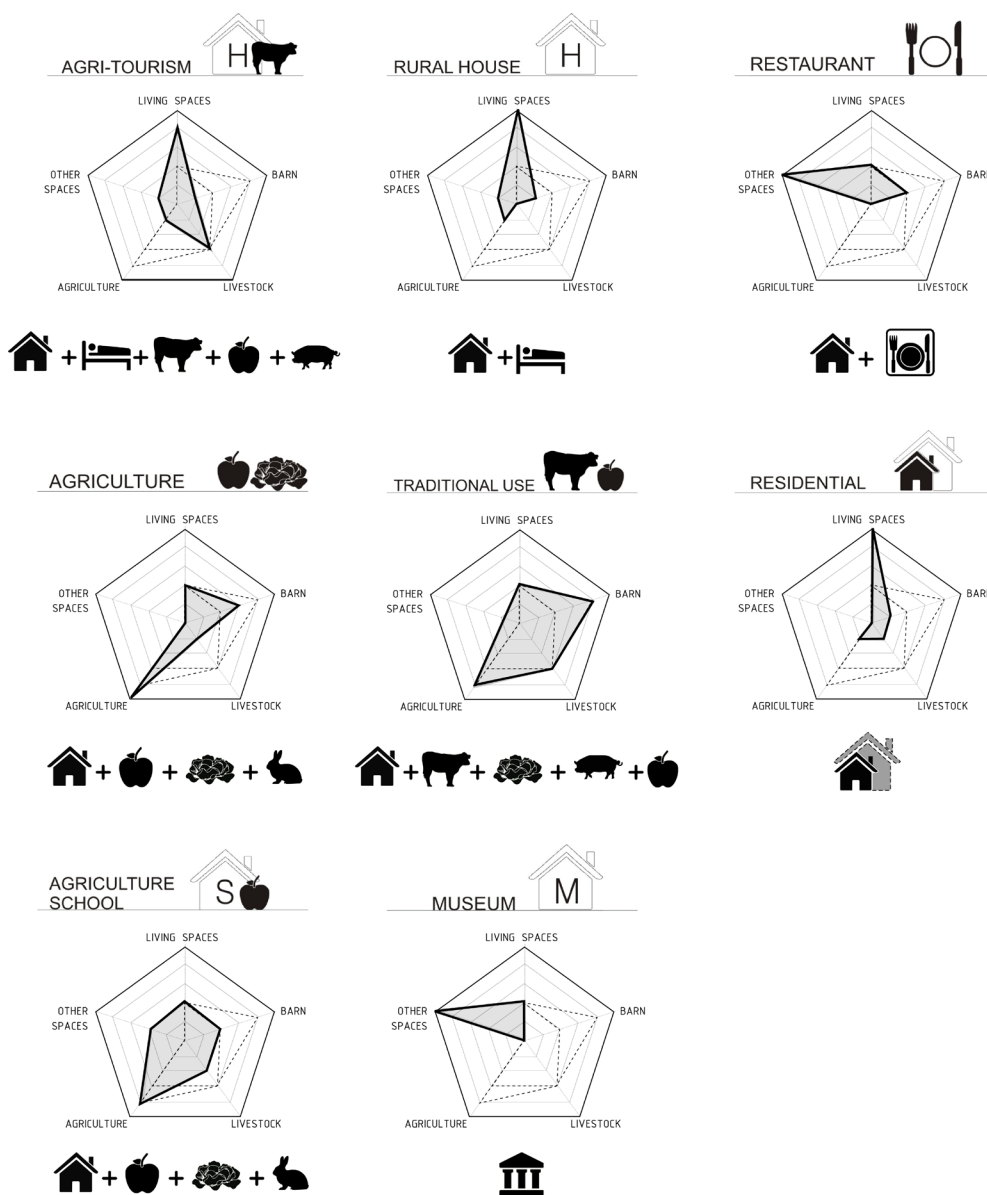
7. EL POTENCIAL ENERGÉTICO DEL ESCENARIO DE USO EN EL CASERÍO

7. THE ROLE OF THE USE OF A BUILDING IN ITS ENERGY DEMAND

La adaptación sostenible del caserío va de la mano de su reactivación socioeconómica como nodo multifuncional en el territorio. El edificio se convierte en un elemento construido lleno de memoria y valor cultural para la sociedad capaz de albergar distintos usos dentro de un desarrollo moderno de los núcleos rurales. En el apartado 4.4 se exponen algunos de estos escenarios que reactivarían su función en el territorio, recuperando así el valor del

icono de la arquitectura tradicional vasca.

Sin embargo, tal y como se ha comentado esta adaptación de los caseríos adquiere una lectura medioambiental fundamental. Las normativas y directrices miran hacia la eficiencia de la intervención arquitectónica, respecto a la transmitancia térmica de la envolvente y el nivel de aislamiento y de estanqueidad. Pero la rehabilitación energética del



patrimonio construido necesita de una visión más amplia fundamentada en una perspectiva territorial. Una lectura que entienda el parque edificio como conjunto ligado a un consumo energético específico, y que a través de actuaciones de distinto carácter se pueda disminuir su huella.

En este sentido el uso del edificio gana protagonismo. El cambio del carácter funcional del caserío además de integrarlo en el desarrollo rural, altera su consumo energético de una forma no destructiva y reversible. Pues, el potencial del uso o el factor humano juega papel crítico y decisivo en la demanda energética de las edificaciones, (Kathryn B. Janda 2011).

De forma que el objetivo de este apartado es cuantificar el potencial que tienen los escenarios de uso en el consumo energético del caserío y explorar la posibilidad de que si la intervención en la envolvente debe sensibilizarse con su carácter funcional.

7.1. LA VARIACIÓN EN EL USO DEL CASERÍO

Tal y como se ha expuesto en este trabajo el *baserri* sufre un cambio de uso importante causado por el impacto de la industrialización. Deja a un lado su carácter multifuncional y se convierte en un objeto parcialmente o totalmente vacío. Además, coetáneamente durante este período de transformación las exigencias de confort en la construcción se van endureciendo, y los *baserritarras* se proponen implantar estos requerimientos en los espacios de vivienda del caserío; concretamente en los espacios comunes, habitaciones o baños.

Así el caserío pasa de ser una construcción energéticamente autosuficiente -le bastaba con mantener encendido el fuego de la cocina para satisfacer a las exigencias higrotérmicas familiares- a necesitar modernos sistemas activos con el fin de

lograr las condiciones actuales de confort. Lo cual concluye en una demanda energética que antes no existía.

El caserío vasco pasa de constituir un conjunto de edificaciones energéticamente autosuficientes, a demandar abastecimiento energético para mantenerse.

En este sentido, en este apartado con la finalidad de conocer con exhaustividad como ha influido este cambio de comportamiento en el caserío, se analiza el comportamiento de un caserío tipo en su función tradicional.

De manera de que se estudia como los *baserritarras* satisfacían sus necesidades de confort con el fuego de la cocina, analizando sus hábitos diarios y se cuantifica la reacción del edificio respecto al aporte focalizado de calor y a las ganancias proporcionadas del ganado a lo largo de estos cinco siglos.

7.2. LA AUTOSUFICIENCIA ENERGÉTICA DEL CASERÍO TRADICIONAL

Esta lectura del comportamiento energético tradicional del caserío se fundamenta en los estudios realizados por el mismo autor de esta tesis doctoral en los proyectos fin de máster “*Guidelines for refurbishment of Baserris*” (Gaztelu 2011) y “*Rehabilitación Energética del Caserío Vasco: Hacia un Modelo de Diagnosis*” (Gaztelu 2012).

El análisis se realiza a través de otra monitorización higrotérmica de un caso de estudio que cumple los siguientes requerimientos.

7.2.1. Condiciones para el caso de estudio

- **CONDICIÓN TIPOLOGICA.** El caserío arquitectónicamente es de tipología vizcaína debido a que es el más extendido en la Reserva de la Biosfera.
- **CONDICIÓN DE ESTADO ACTUAL.** El edificio debe encontrarse en buena salud constructiva para que su comportamiento higrotérmico intrínseco no se vea alterado.
- **CONDICIÓN DE USO ACTUAL.** El uso del caserío indispensablemente debe ser

el tradicional. Es decir, se debe mantener el uso agroganadero dentro del caserío y la cocina deber ser el núcleo para la convivencia familiar. El ganado se sitúa en la cuadra, con el pajar en el espacio superior.

- **CONDICIÓN DE SISTEMA ACTIVO:** el caserío sólo debe disponer del fuego de la cocina como único sistema activo.

7.2.2. Caserío Barrenetxe: caso de estudio

El caserío Barrenetxe, es un caserío del siglo XIX situado en el barrio de Belendiz, en Arratzu, en Bizkaia. Barrenetxe es de los pocos caseríos de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai que mantiene el uso agropecuario dentro del edificio. Su tipología arquitectónica es vizcaína, es de envergadura reducida y su fachada principal que no dispone del característico balcón central está orientada al sur. Cabe añadir que a pesar de su corta edad, el caserío presenta una adición en su cara este y sus ventanas actuales dejan al descubierto que no son las originales. El paramento de mampostería de caliza junto a los sillarejos de esquina no tan bien trabajados enseña la reducida calidad constructiva del edificio.



Fig. 198. Barrenetxe baserri (Gaztelu 2011, p.23)

7.2.3. Costumbres

Antes de realizar ningún estudio de carácter cuantitativo y con el objetivo final de conocer los hábitos de los labradores y comprender con exhaustividad la forma de calentar del edificio, se lleva a cabo una convivencia familiar junto a los *baserritarras* entre los días 20 y 25 de Septiembre de 2010.

Estos son las características más destacables de los hábitos que se presencian:

- **El fuego de la cocina.** Los *baserritarras* mantienen el fuego encendido a lo largo de las 24 h. Echan leña a la *txapa* cuatro veces al día. Es la primera tarea que realizan desde que se despiertan a las 7.00 de la mañana. Después a mediodía, a las 13 horas, cuando vuelven de realizar las tareas oportunas de campo vuelven a proporcionar más leña. Repiten esta tarea a las 20 y 24 horas, antes de ir a

dormir.

- **El Tareas diarias.** En el periodo de convivencia todavía se mantienen los hábitos de verano, de forma que el ganado duerme en el campo. Las costumbres de los *baserritarras* se acercan a lo expuesto en el libro “*El Caserío Vasco. Labores de la familia labradora*” (El caserío Vasco; Labores de la familia labradora. 1959). Véase Fig. 183.

En Barrenetxe a las 6.30 de la mañana se le da de comer al ganado, se ordeña, se desayuna a las 7.30h, se realizan trabajos de campo -segar, sembrar o desuncir- hasta 13h que se descansa y se come y se vuelve otra vez al campo o se llevan a cabo tareas de casa como cortar leña. A las 21 horas se cena y se descansa en la cocina.

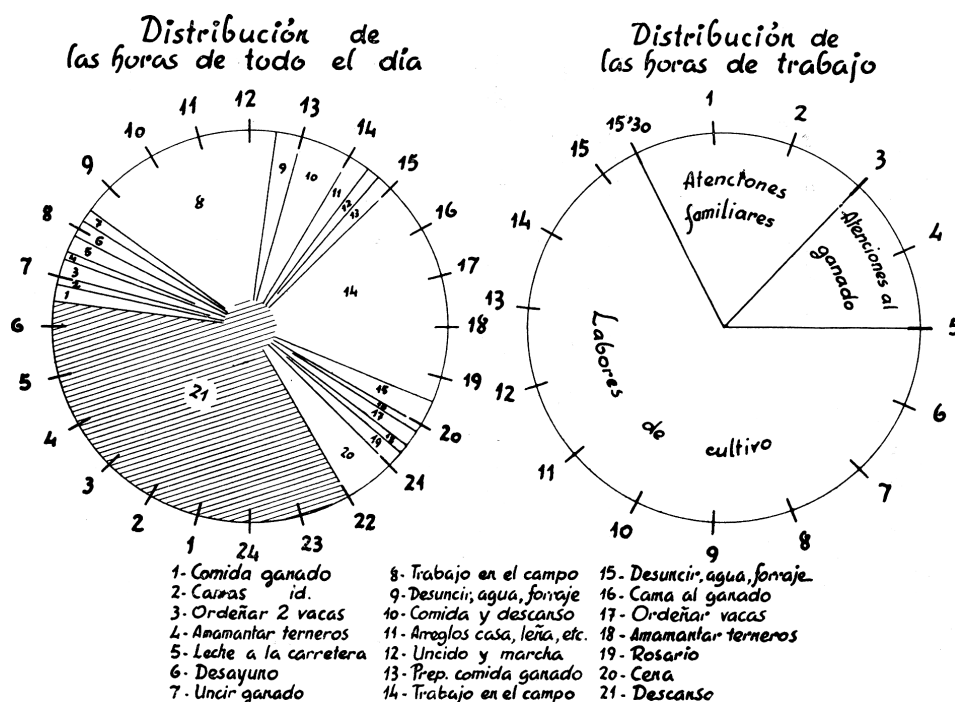


Fig. 199. Farmers' tasks' distribution (El caserío Vasco; Labores de la familia labradora. 1959)

7.2.4. Monitorización del caserío Barrenetxe

La monitorización de Barrenetxe se realiza durante más de 9 meses, entre el 1 de Diciembre de 2010 y 21 de Agosto de 2011, a través de cuatro loggers HOBO U10-003.

Estos aparatos se ubican en los puntos más relevantes del caserío: en la cocina, en la cuadra, en el espacio principal de entrada y en la cara exterior de la fachada principal. Fig. 185.

Se presenta un resumen de los resultados de las monitorizaciones en la tabla del Fig. 186.

Los gráficos se muestran en la siguiente hoja. Véase Fig. 187 o en el anexo 13.3.



Fig. 200. HOBOTempRH U10-003 logger (Onset Computer Corporation 2005)

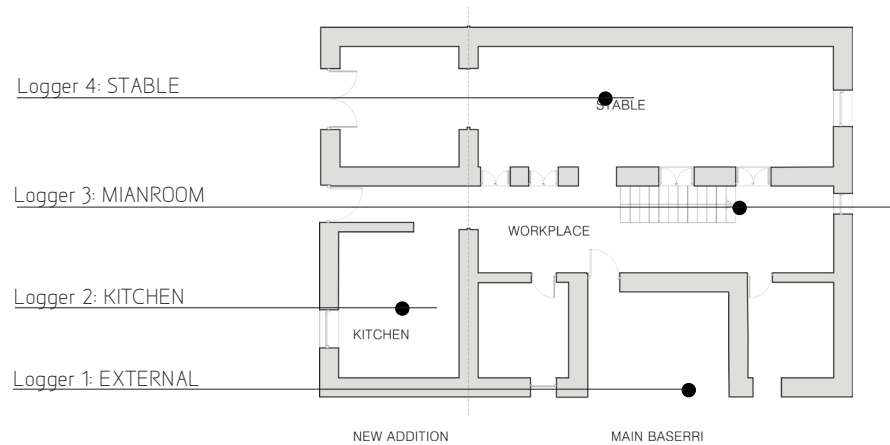


Fig. 201. Higrothermal loggers

		STABLE		EXTERIOR		KITCHEN		GENERAL	
		T [°C]	HR [%]	T [°C]	HR [%]	T [°C]	HR [%]	T [°C]	HR [%]
until 21st of March									
Media		13,43	79,78	8,87	74,01	22,89	41,61	10,23	74,73
Max		22,05	94,47	25,42	93,27	29,75	98,17	23,58	93,35
Min		9,18	46,42	-1,23	34,95	14,52	20,33	3,68	44,18
Difference		12,87	48,05	26,64	58,32	15,24	77,84	19,90	49,17
31st March- 21 Aug									
Media		19,03	76,85	20,19	64,87	20,98	69,96	17,22	73,22
Max		24,55	90,40	36,73	87,27	27,17	92,78	24,06	85,73
Min		12,21	55,75	4,62	26,64	16,43	34,05	8,28	53,54
Difference		12,34	34,65	32,11	60,63	10,75	58,73	15,78	32,19

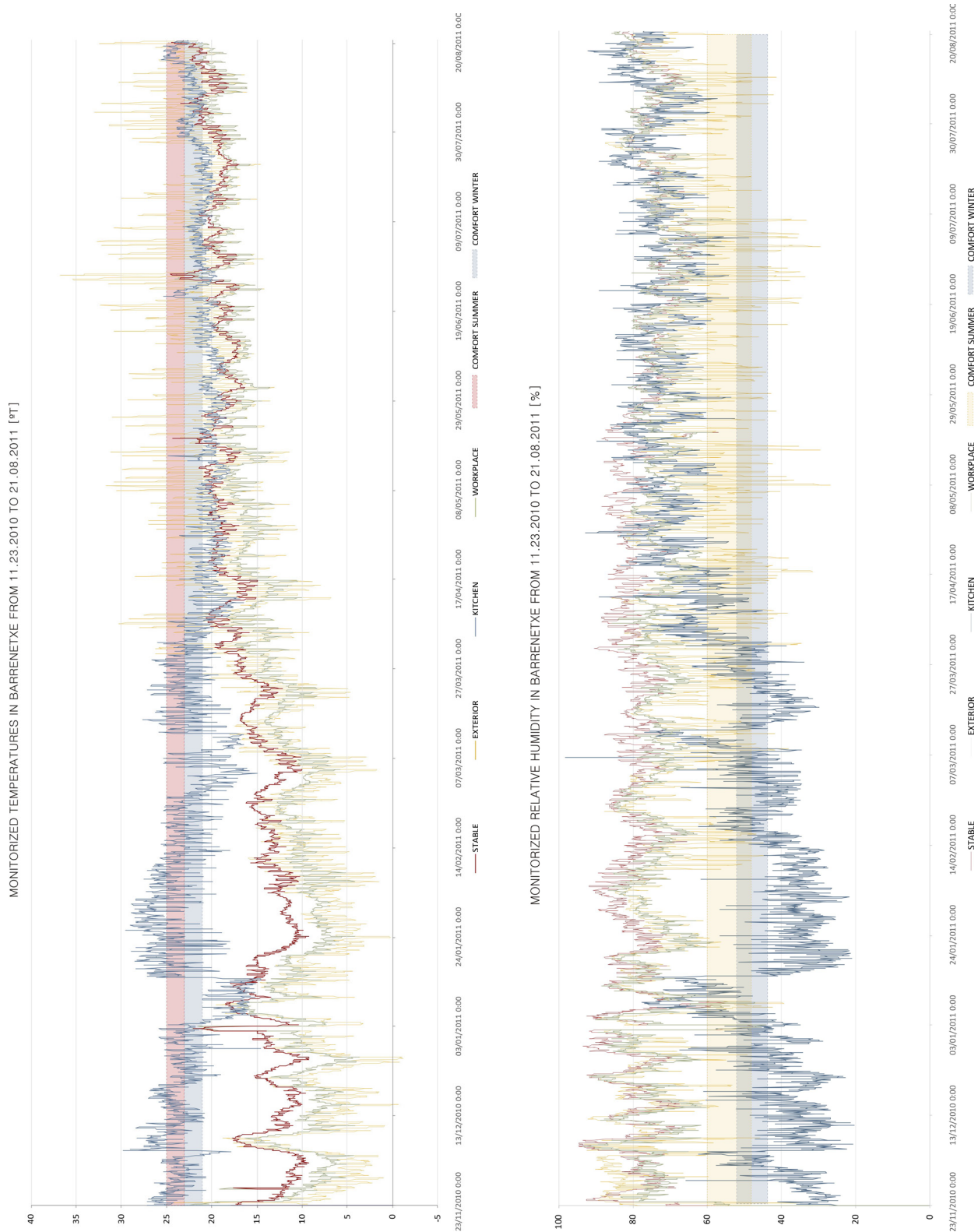


Fig. 203. Barrenetxe *baserr*'s monitorization results. 23.11.2010-10.21.2011

7.2.5. Comportamiento higrotérmico tradicional del caserío

Mediante esta monitorización se comprueba que el caserío en su función tradicional respecto a mantenerse sin uso, logra acentuar aún más la variedad higrotérmica entre los espacios interiores.

7.2.5.1. Confort en la cocina.

Por un lado se demuestra que el caserío a través de los hábitos tradicionales es capaz de proporcionar

un ambiente interno en la cocina que cumple con los requisitos modernos de confort higrotérmico. La monitorización verifica que a lo largo de los 9 meses de medición las condiciones internas de este espacio se encuentran en la franja de bienestar. Durante los meses de invierno mantiene un promedio térmico de 22,89 °C mientras del exterior es de 8,87 °C, del espacio adyacente 10,23 °C y de la cuadra 13,43 °C. Pues el fuego de la cocina se mantiene encendido durante las 24 h del día logrando bienestar en el espacio principal del caserío.

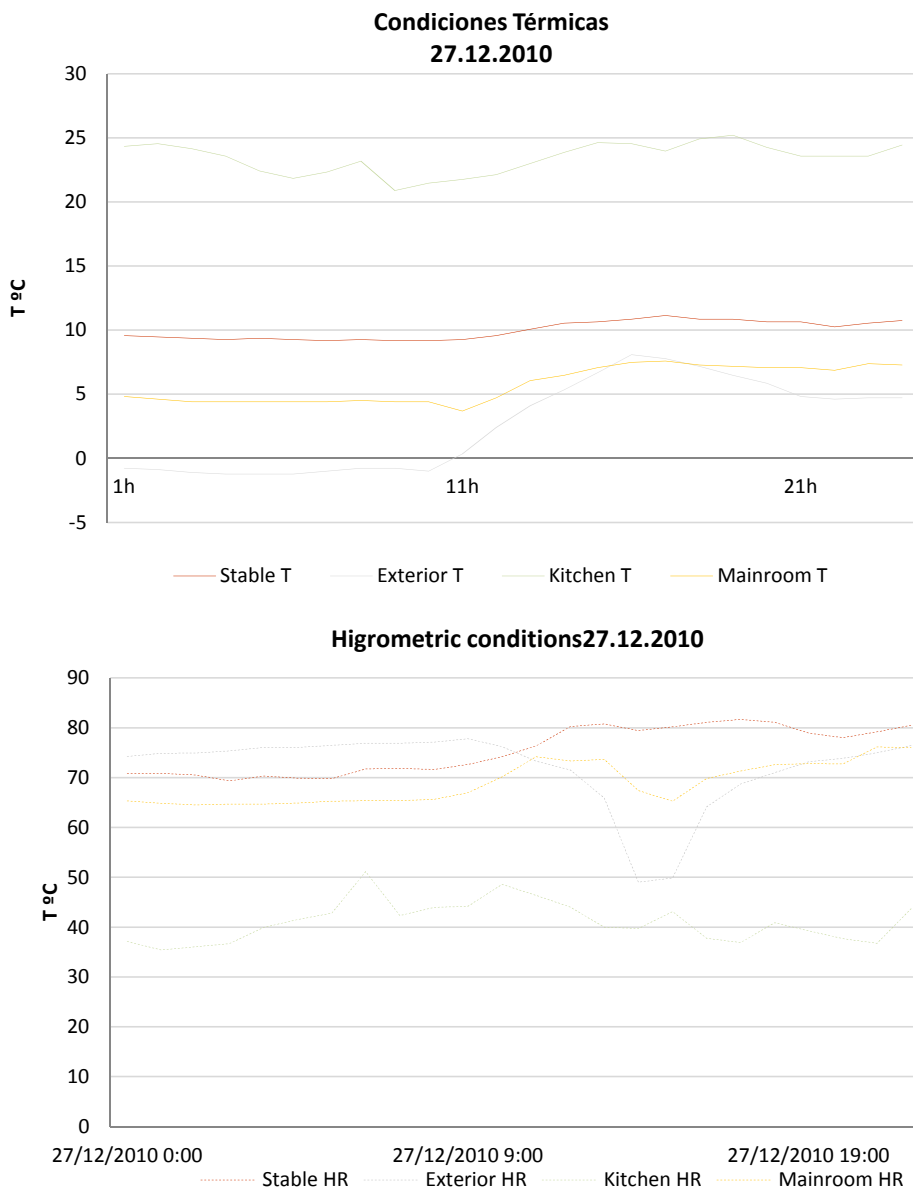


Fig. 204. Barrenetxe higrothermal conditions on 27.12.2010

Incluso la humedad relativa de esta estancia presenta una mejora considerable, disminuyendo la media más de un 30%. El promedio de la cocina es de 41,51 %, lejos de los otros espacios internos: casi 80 % en la cuadra, 74,73 % en el espacio central y 74,01 % en el exterior.

Tal y como se ve en el siguiente gráfico, los días más fríos la cocina del caserío Barrenetxe se encuentra en confort.

Por otra parte, este foco de calor hay veces que crea disconfort higrotérmico. Por ejemplo cuando se utiliza la *txapa* para cocinar, se genera excesivo calor. Concretamente en la hora de cenar del 5 de Diciembre de 2010 la condición de la cocina llega a un máximo de 29,75 °C cuando la temperatura exterior es de 10,85 °C. O al contrario, cuando la familia *baserritarra* sale del caserío por cualquier motivo y el fuego de la cocina se apaga, como es el día 14 de Enero de 2011, la temperatura interna de este espacio desciende a 14,52 °C.

- **Verificación a través de la termografía.**

Tal y como se ve en la siguiente termografía tomada en el caserío Torre, la cocina puede llegar a proporcionar 120 °C en la superficie metálica. Además al estar en contacto con el muro exterior de piedra y debido a que la salida de humos sube en paralelo a este paño el calor generado se expande de forma más uniforme en el espacio e incluso en las plantas superiores.

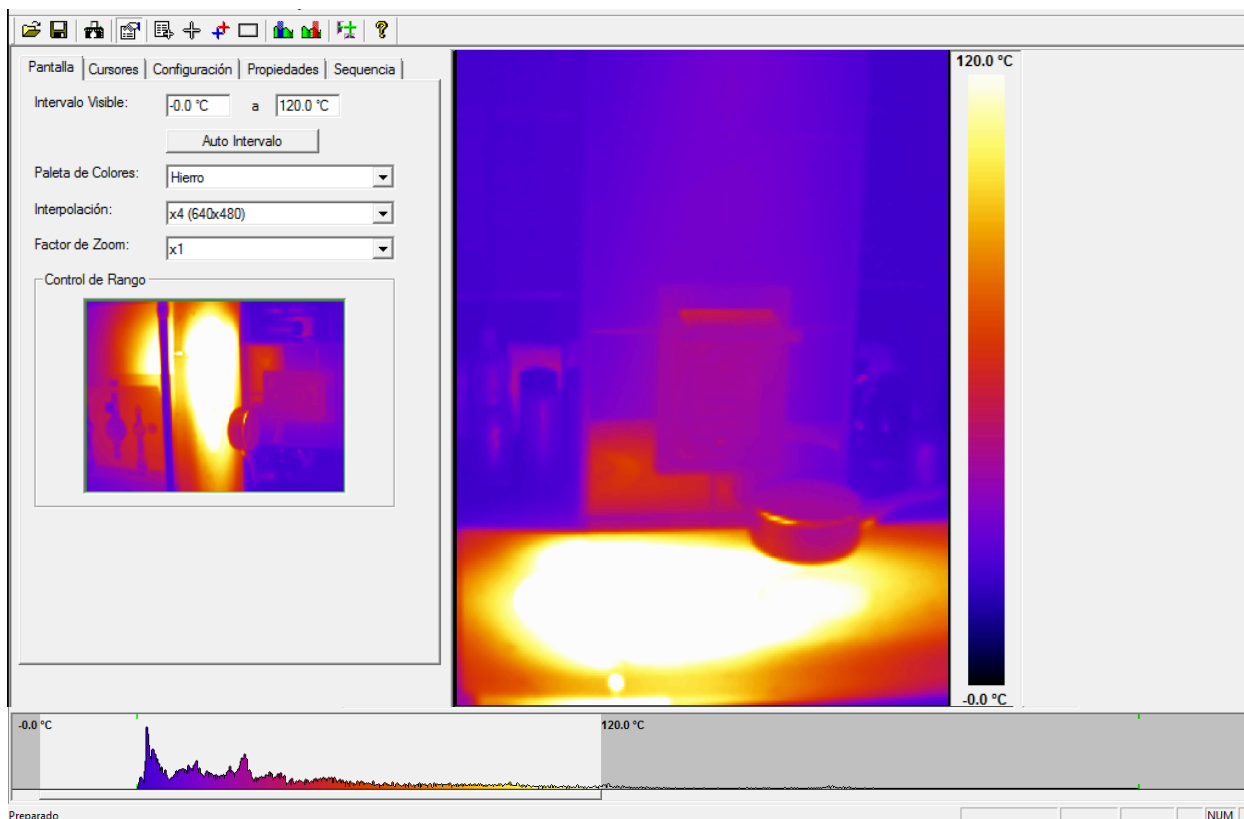


Fig. 205. termographic photo of the kitchen

7.2.5.2. La influencia de los animales

Otro de los factores por el cual el escenario de uso de un elemento construido varía su comportamiento energético, es la ocupación. En el caso de los caseríos el ganado situado en la cuadra es la fuente más destacable al respecto.

Acercándose al caserío Barrenetxe, pese a que gran parte del ganado se mantiene en un volumen adyacente o en el campo, se mantienen cuatro cabezas dentro de la cuadra, con el fin de amamantar a los tres terneros y ordeñar a la vaca para el consumo propio de la leche. Y su consecuencia energética es que aun estando situado en el lado más desfavorable del edificio, la cuadra mantiene un promedio térmico de 3,20 °C superior que el espacio principal. Además la temperatura mínima es de 9,18 °C mientras en el espacio de entrada llega a 3,68 °C.

• Verificación a través de la termografía.

En la siguiente termografía tomada el 24 de Noviembre de 2010 se cuantifica que la temperatura superficial de la vaca se encuentra a 35,1 °C. Muy cerca de la temperatura corporal humana. Las otras tres terneras probablemente producen menos calor pero debido a que están situados en una estancia de reducidas dimensiones se potencia su influencia. Así como se ha comprobado entre todos son capaces de generar un ambiente térmico 3,20 °C superior que el espacio adyacente.

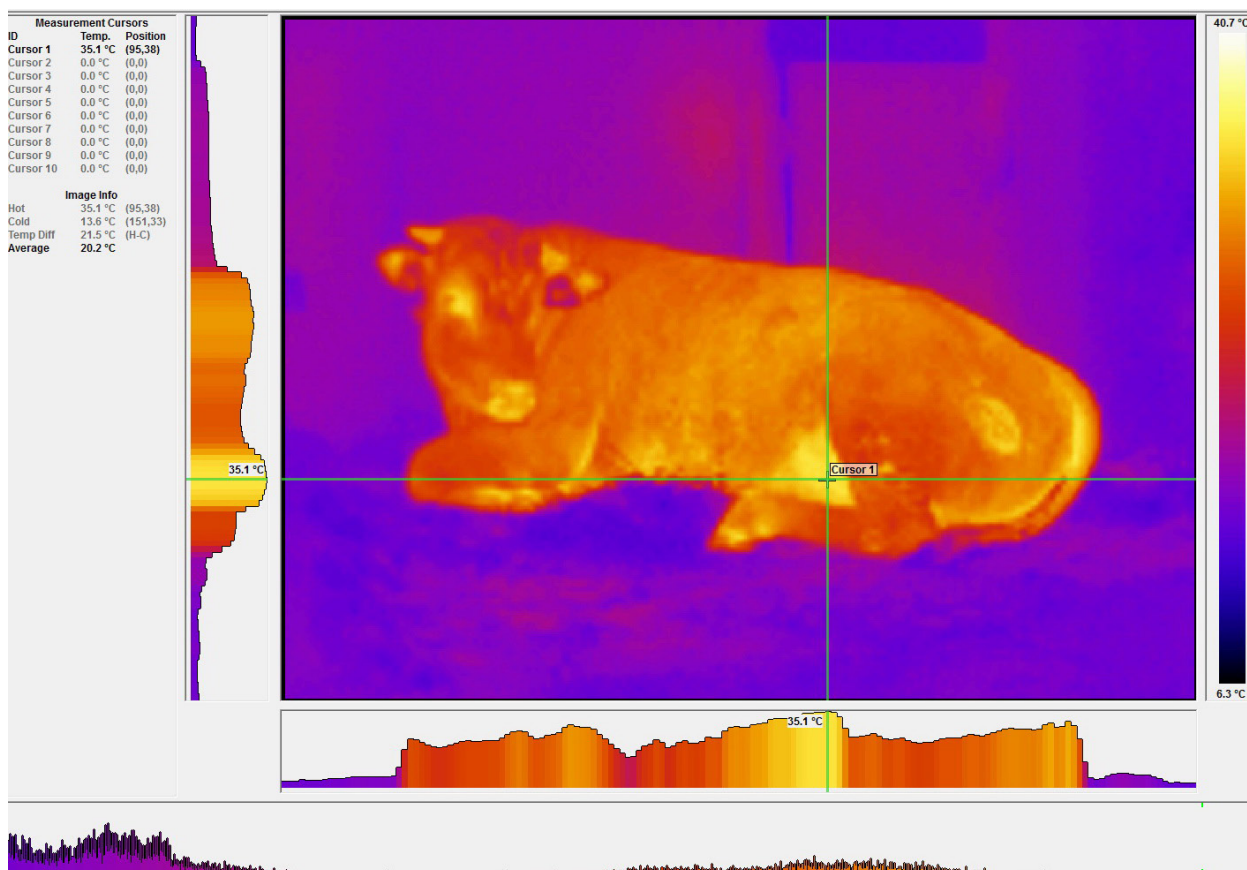


Fig. 206. Thermographic photo of a cow in Barrenetxe baserri

De esta forma cumple con su función de colchón térmico para el edificio, dando espalda a los vientos fríos de Noroeste y aportando calor para el resto del edificio. Se considera que el pajar de la segunda planta le impide ascender, de manera que calienta el muro cortafuegos que a la vez proporciona de forma más constante al espacio principal (ver Fig. 167).

Además éste junto con el calor generado en la cocina y expandido a través de la chimenea, probablemente calientan parte de las habitaciones superiores, almacenándose al fin en el granero. Y se recuerda desde el análisis del caserío Torre, que el granero aún sin ningún tipo de ganancia interna, absorbe el calor solar a través la teja de la cubierta, logrando unas condiciones más calurosas y secas que el resto. De manera que se concluye que en un caserío activo con su función tradicional, acentúa este comportamiento.

Sin embargo, tal y como se comenta en el apartado 6.7.6 el ganado también genera unas condiciones higiénicas adversas que producen la concentración de bacterias en los elementos constructivos –por ejemplo, pilares de madera- causadas por el sudor y la orina o el estiércol. De forma que la falta de higiene suele ser el motivo principal de externalizar la cuadra.

Asimismo, estas sustancias humedecen el ambiente interno, de manera que el promedio higrométrico en la cuadra es de casi 80%; alrededor de 5% mayor que el exterior o el de la entrada, y casi el doble que el de la cocina. Se situaría fuera de los niveles actuales de confort.

7.2.5.3. Espacios generales lejos de la zona de confort

Otra de las interpretaciones que se realiza de la monitorización es que el espacio principal al no



Fig. 207. Bioclimatic behavior of biscayan tipology (Beristain 2010, p.21)

disponer de ningún tipo de ganancia interna ni de foco de calor se encuentra lejos de las condiciones de confort. Pues, su temperatura media en invierno es de 10,23 °C. Asimismo, debido a la inercia de los muros se evitan picos térmicos: el mínimo es de 3,68 °C y el máximo de 24,06 °C. Este comportamiento es parecido en las habitaciones superiores como se ha contemplado en la lectura higrotérmica del caserío Torre.

7.2.5.4. Humedad en el caserío

El *baserri* se considera una construcción húmeda, sobre todo si no dispone de ningún tipo de ganancia interna. Pues el grado de humedad se acentúa en la cuadra y se equilibra en la cocina cuando el fuego esta encendido. Tal y como se puede ver en Fig. 192 en el caserío Barrenetxe en invierno la humedad relativa baja a 41,21 % y sin embargo en verano cuando se apaga la cocina, la humedad sube a a valores similares que el caserío Torre, 74,13%,

De manera que se concluye que la cocina seca el ambiente por dos motivos. El primero se debe a que el calor aumenta el volumen de aire y aunque mantiene la misma cantidad de humedad, la humedad relativa se disminuye. Y el segundo se basa en que la temperatura del aire y el movimiento de flujos producido por la termocirculación interna ayudan a evaporar al agua acumulada en las paredes y en reducir la sensación de humedad.

7.2.6. El potencial del uso tradicional

Estos estudios cuantifican la importancia del uso en el funcionamiento del caserío.

Se demuestra que el caserío mientras ha mantenido su carácter multifuncional, con la explotación agropecuaria funcionando en su plenitud, responde energéticamente de forma eficiente y satisfactoria. La respuesta higrotérmica del edificio a la ocupación y a la generación de calor tradicional, han ido de la mano de las condiciones higrotérmicas requeridas para cada estancia, resultando así en un comportamiento eficaz capaz de mantenerse de forma autosuficiente con recursos naturales proporcionados por los bosques adyacentes.

SEASON	BASERRI	EXTERIOR	STABLE	KITCHEN	WORKPLACE	STRAWLOFT	AVERA
ANUAL	Barrenetxe	68,89%	78,14%	57,52%	73,87%	-	69,84
INVIERNO	Barrenetxe	75,31%	79,80%	41,21%	74,51%	-	64,76
VERANO	Barrenetxe	66,05%	73,43%	74,13%	73,66%	-	73,74
	Torre	58,10%	70,90%	74,30%	-	70,10%	71,77

Fig. 208. Higrometric conditions' comparison between Barrenetxe and Torre *baserri*

7.3. ADAPTACIÓN DE LOS NUEVOS USOS AL CASERÍO

El siguiente paso de esta experimentación se centra en adaptar los nuevos escenarios de usos a la realidad higrotérmica del caserío en desuso.

Se establecen el perfil de calefacción y de ocupación de cada estancia en los distintos escenarios de uso, de manera que se adaptan al comportamiento energético del caserío Torre analizado en el previo apartado. Estos nuevos valores se incorporan a la simulación verificada del caserío Torre.

7.3.1. Perfiles de calefacción y ocupación como variables de uso

7.3.1.1. Perfil de calefacción.

Los perfiles de calefacción se caracterizan por las temperaturas de consigna y horario de funcionamiento. El primer parámetro de las estancias residenciales se fundamenta en los requerimientos actuales de confort por RITE - 21°C grados para calefacción y 26 °C para refrigeración- y el segundo se ajusta a los perfiles ya configurados por el DesignBuilder.

7.3.1.2. Perfil de ocupación.

La ocupación varía según el uso de cada estancia y se adecua según los perfiles por defecto del programa. Estas se exponen en el anejo 13.5.

Sin embargo para aquellos escenarios que se mantienen los animales en el establo, se determina un valor distinto.

- **Animales:** En las mediciones tomadas en el caserío Barrenetxe, se concluye que tres terneros y una vaca proporcionan una diferencia de temperatura de hasta 3,2 °C respecto al espacio adyacente, y que la temperatura corporal de la vaca es muy similar a la de un ser humano. Sin embargo, estas lecturas no determinan un valor de ocupación para la experimentación. De manera que se ciñe al estudio “*Ambiente en la producción animal*” realizado por Echevarría y Miazzi en el año 2002 que exponen que una vaca de 650 kg aporta 670 W y un cerdo de 91 kg, 150 W.

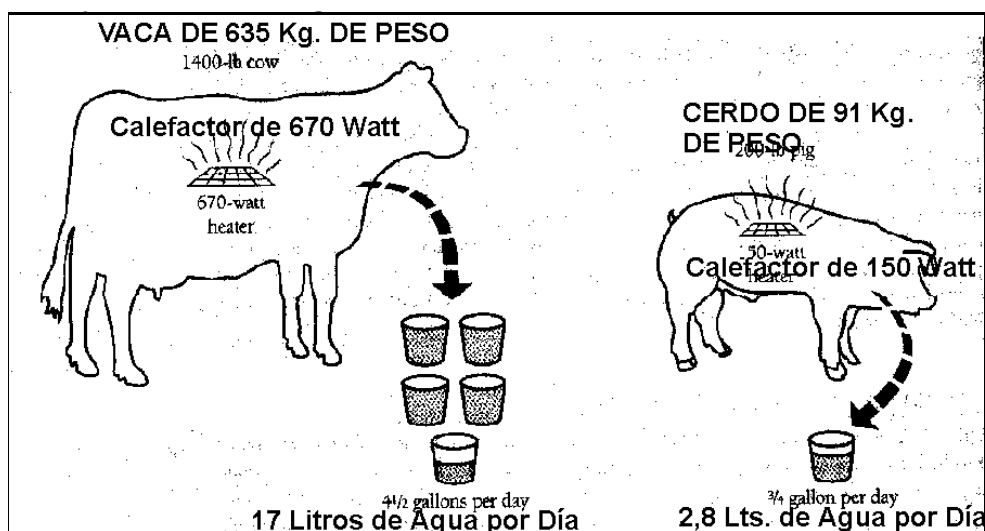


Fig. 209. Heat and humidity production of a cow and a piga(Echevarría, Miazzi 2002, p.23)

	CANTIDAD	PESO ESTIMADO (Kg)	ENERGIA ESTIMADA (W)	ENERGIA/TIPO ANIMAL (W)
VACA	2	635	670	1340
TERNERA	3	420	450	1350
CERDO	2	90	150	300
POLLO	10	2,5	20	200
CONEJO	5	2	15	75
			ENERGIA TOTAL (W)	3265

Fig. 210. Animals' heat production based on their weight

Así se realiza una estimación de los animales que podría haber en el establo del caserío Torre cuando este se requiera y la energía que podría proporcionar: dos vacas (635 kg), tres terneras (420 kg), dos cerdos (90 kg), diez pollos (2,5 kg) y cinco conejos (2 Kg) (ver Fig. 194).

A la hora de introducir este aporte en la simulación, el valor de ocupación se determina en base a cantidad de personas por unidad de superficie. Por lo cual, considerando que cada ser humano aporta 80 W y que la superficie de la cuadra de Torre es de 55,2 m² útiles, la ocupación equivalente es de 0,74 personas/m².

7.3.2. Escenarios de uso en el caserío Torre

A la hora de determinar las alternativas de uso para esta experimentación se trabaja respecto a los escenarios expuestos en el apartado 4.4.5.

Así, se establecen distintos usos a a cada estancia en base a criterios energéticos (ver apartado 6.7.9), de accesibilidad y de funcionalidad. En este sentido cabe destacar que los escenarios se han proyectado de forma concreta para esta específica experimentación, pues no son ni la única ni se consideran las distribuciones más apropiadas. Pues en este análisis no se han contemplado otros factores de distribución como la calidad espacial, la salubridad, la calidad lumínica o el ruido entre otros.

Por lo que en cada rehabilitación se requieren estudiar más profundamente el nuevo programa y proyectar teniendo en cuenta todos los criterios de diseño.

A partir de la siguiente página se exponen las ocho alternativas de uso para esta experimentación.³

³ La temperatura de consigna de las zonas en confort es de 18 °C, mientras la temperatura de la calefacción es de 21 °C

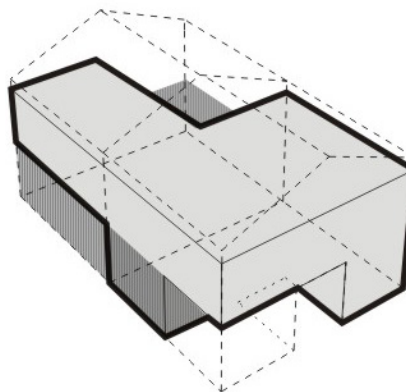
7.3.2.1. Agroturismo

El escenario del agroturismo alberga espacios de vivienda y acomodamiento con la explotación ganadera. En esta experimentación se mantiene el ganado en el establo, conservando la función tradicional del caserío asumiendo que la higiene

puede ser perjudicada. Parte del antiguo pajar se convierte en dormitorios de hospedaje y la sala principal y la recepción se sitúan en la planta baja de la mitad este. Los horarios se ajustan a su función.

AGRITOURISM			
	use	heating	occupation
ZONE 1	animals	-	animals
ZONE 2	kitchen	6am - 11pm	kitchen.occ
ZONE 3	pantry	-	store.occ
ZONE 4	office	8am - 9pm	office.occ
ZONE 5	dining room	6am - 11pm	mainroom.occ
ZONE 6			
ZONE 7	bedroom	8pm - 10am	bedroom.occ
ZONE 8			
ZONE 9	bathroom	7am - 11 pm	bathroom
ZONE 10	bedroom	Dwell_DomBed	bedroom.occ
ZONE 11	straw loft	-	-
ZONE 12	barn	-	store.occ

Fig. 211. Agritourism heating profile



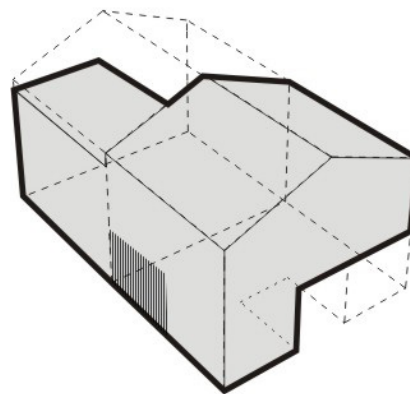
7.3.2.2. Casa rural

La casa rural configurada para esta experimentación es un escenario que vuelca todos los espacios interiores a la actividad de hospedaje turístico,

menos el granero de la tercera planta. El establo se transforma en el salón/comedor principal.

RURAL HOUSE			
	use	heating	occupation
ZONE 1	main/dining room	6am - 11pm	mainroom.occ
ZONE 2	kitchen	6am - 11pm	kitchen.occ
ZONE 3	pantry	-	store.occ
ZONE 4	office	8am - 9pm	office.occ
ZONE 5	entrance	6am - 11pm	mainroom.occ
ZONE 6			
ZONE 7	bedroom	8pm - 10am	bedroom.occ
ZONE 8			
ZONE 9	bathroom	7am - 11 pm	bathroom
ZONE 10	bedroom	8pm - 10am	bedroom.occ
ZONE 11	barn	-	store.occ
ZONE 12	bedroom	Dwell_DomBed	bedroom.occ

Fig. 212. Agritourism heating profile



7.3.2.3. Restaurante

Este escenario sitúa el comedor en el mismo espacio que la casa rural, en el antiguo establo. La cocina se hace mayor y los espacios residenciales

suben a la segunda planta. De forma que el pajar se convierte en el nuevo salón. El granero y el bajo cubierta del pajar mantienen sus usos tradicionales.

RESTAURANT			
	use	heating	occupation
ZONE 1	main/dining room	1pm - 4pm / 8.30 - 11pm	mainroom.occ
ZONE 2	kitchen	12am-4pm / 8pm-11pm	kitchen.occ
ZONE 3			
ZONE 4	pantry	-	store.occ
ZONE 5	Entrance	12am-4pm / 8pm-11pm	mainroom.occ
ZONE 6			
ZONE 7	bedroom	8pm - 10am	bedroom.occ
ZONE 8			
ZONE 9	bathroom	7am - 11 pm	bathroom
ZONE 10	main/dining room	12pm	mainroom.occ
ZONE 11	straw loft	-	-
ZONE 12	barn	-	store.occ

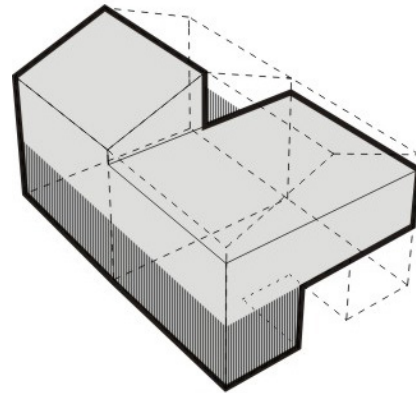


Fig. 213. Restaurant heating profile

7.3.2.4. Explotacion de ecoagricultivos

La producción de productos de ecoagricultura conserva las exigencias higrotérmicas modernas pero sin embargo pierden el aporte del ganado

debido a que se reemplaza por un espacio de proceso de limpieza y almacenaje de los productos obtenidos de las huertas.

FRUITS/VEGETABLES PRODUCTION			
	use	heating	occupation
ZONE 1	Process	-	office.occ
ZONE 2	kitchen	6am - 11pm	kitchen.occ
ZONE 3	dining room	1-3 pm / 8-10 pm	mainroom.occ
ZONE 4	office	8am - 9pm	office.occ
ZONE 5	living room	6am - 11pm	mainroom.occ
ZONE 6			
ZONE 7	bedroom	10pm - 10am	bedroom.occ
ZONE 8			
ZONE 9	Toilet	6am - 11pm	bathroom.occ
ZONE 10	pantry	-	store.occ
ZONE 11			
ZONE 12	barn	-	store.occ

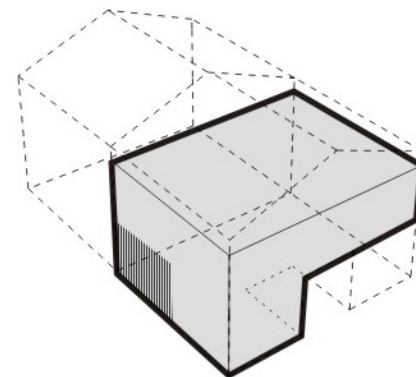


Fig. 214. Agroecology production heating profile

7.3.2.5. Explotación ganadera o escenario tradicional

Se contempla el escenario tradicional exigiéndole los nuevos requerimientos de confort en todos los espacios tradicionales. Así se cuantifica la demanda

energética de los caseríos que han su uso pero han mejorado las condiciones ambientales internas.

TRADITIONAL SCENARIO_ANIMAL (big/small)			
	use	heating	occupation
zone 1	animals	-	animals
zone 2	kitchen	dwell kitchen	kitchen.occ
zone 3	pantry	-	store.occ
zone 4	main/dining room	dwell lounge	mainroom.occ
zone 5			
zone 6			
zone 7	bedroom	8pm - 10am	bedroom.occ
zone 8			
zone 9	bathroom	7am - 11 pm	bathroom
zone 10	straw loft	-	-
zone 11			
zone 12	barn	-	store.occ

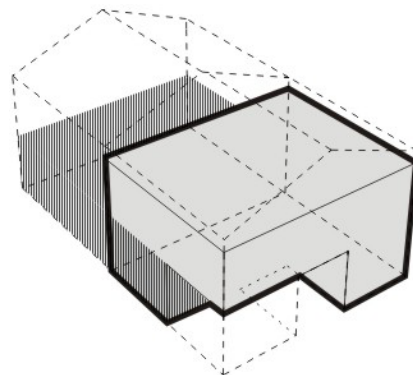


Fig. 215. Traiditonal scenario heating profile

7.3.2.6. Espacio residencial.

Esta alternativa es la que más exige en términos energéticos al caserío. Pues la mayoría de los

espacios interiores requieren un alto grado de confort.

RESIDENTIAL			
	use	heating	occupation
ZONE 1	main/dining room	8-9 am / 8-11pm	mainroom.occ
ZONE 2	kitchen	7-9 am / 8-11pm	kitchen.occ
ZONE 3	pantry	-	store.occ
ZONE 4	kitchen/dining room	7-9 am / 8-11pm	mainroom.occ
ZONE 5	living room	8-9 am / 8-11pm	mainroom.occ
ZONE 6			
ZONE 7	bedroom	10pm - 10am	bedroom.occ
ZONE 8			
ZONE 9	Toilet	8-9 am / 8-11pm	bathroom.occ
ZONE 10	living room	8-9 am / 8-11pm	mainroom.occ
ZONE 11	pantry	-	store.occ
ZONE 12	bedroom	8pm - 10am	bedroom.occ

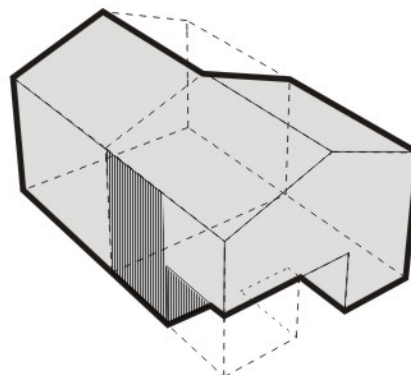


Fig. 216. Residential scenario's heating profile

7.3.2.7. Granja escuela

La escuela granja se mantiene en uso durante las horas y días de clase. Las aulas, los aseos y la

oficina son los únicos espacios que se calefactan.

AGRICULTURE SCHOOL			
	use	heating	occupation
zone 1	Process	-	store.occ
zone 2	office	10am - 5 pm	office.occ
zone 3			
zone 4	pantry	-	store.occ
zone 5	bathroom	10m - 5 pm	bathroom
zone 6			
zone 7	classroom		classroom
zone 8			
zone 9			
zone 10	workshop	-	-
zone 11			
zone 12	barn	-	store.occ

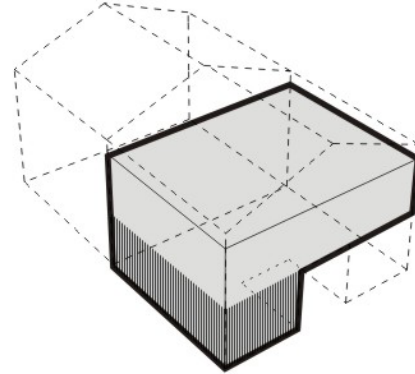


Fig. 217. Agriculture school's heating profile

7.3.2.8. Museo.

En el escenario del museo se exhibe el caserío como elemento patrimonial y una exposición en el antiguo pajar, por ser el espacio arquitectónicamente más

destacable dado a su doble altura y la complejidad de la estructura. Este espacio, los aseos y la oficina son los únicos espacios calefactados.

MUSEUM / BUILDING VISITORS			
	use	heating	occupation
ZONE 1	Process	-	store.occ
ZONE 2	kitchen	-	store.occ
ZONE 3	pantry	-	store.occ
ZONE 4	office	10am - 5pm	office.occ
ZONE 5	bathroom		bathroom
ZONE 6			
ZONE 7	inner expo		store.occ
ZONE 8			
ZONE 9			
ZONE 10	open expo	-	store.occ
ZONE 11			
ZONE 12	barn	-	store.occ

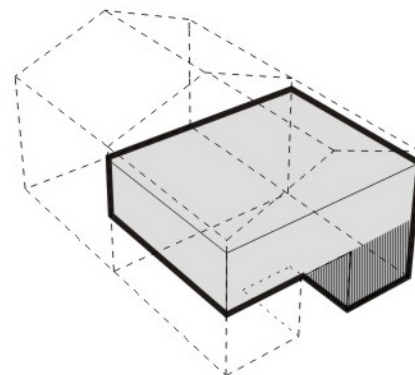


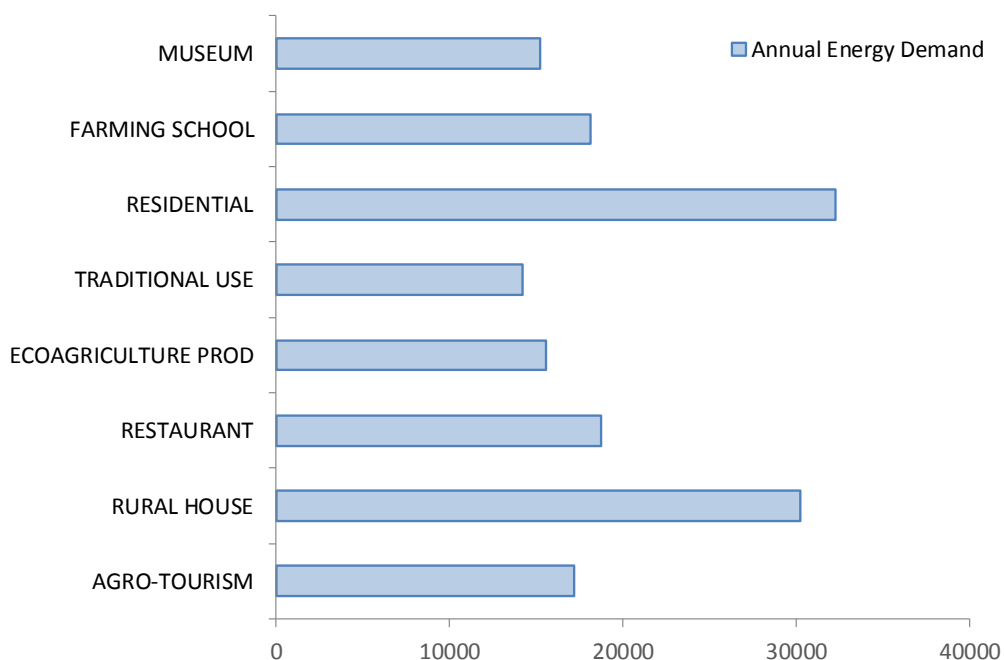
Fig. 218. Museum's heating profile

7.3.3. Demanda energética de los escenarios

Se realizan las simulaciones energéticas oportunas sobre el modelo verificado del caserío Torre a través del software DesignBuilder Versión 4.2.0.054.

En la última columna se expone la demanda energética respecto al *caserío de referencia*.

**USER SCENARIOS POTENTIAL
ON THE ENERGY DEMAND OF TORRE BASERRI**



	kWh/year	kWh/m2year	% existng Building
AGRO-TOURISM	17188	139,9	121%
RURAL HOUSE	30195	130,7	212%
RESTAURANT	18723	112,5	132%
ECOAGRICULTURE PROD	15570	126,7	110%
TRADITIONAL USE	14211	115,7	100%
RESIDENTIAL	32245	124,6	227%
FARMING SCHOOL	18154	147,8	128%
MUSEUM	15193	137,9	107%

Fig. 219. User potential on the energy demand of Torre Baserri

7.3.4. Interpretaciones sobre el potencial del uso en el caserío

- **Eficiencia del escenario tradicional.** La primera lectura de los resultados de esta experimentación verifica que el caserío en su escenario tradicional es donde menos energía necesita: 14,21 MWh/año. Adaptando las condiciones higrotérmicas de los espacios residenciales de este escenario a niveles de confort modernos, el caserío sigue sintiéndose más cómodo con la función tradicional.
- **Escenarios productivos de sector primario requieren menos energía.** Los escenarios productivos como el tradicional, el de la explotación agrícola, agroturismo y escuela de ecoagricultura requieren menos energía debido a que el espacio más desfavorable no se calefacta; la cuadra. Surge el mismo efecto en el museo.
- **Restaurante, la más eficiente por superficie calefactada.** En el escenario del restaurante es donde el caserío Torre mejor eficiencia muestra por superficie calefactada; 112,5 kWh/m²/año mientras el tradicional requiere 115,7 kWh/m²/año y todos los demás a partir de 124 kWh/m²/año. Pues a pesar de que la demanda general sea mayor, 18.72 Mwh, la superficie calefactada se aumenta y el edificio mantiene su compacidad.
- **Residencial, la más desfavorable.** El impacto medioambiental de transformar el caserío en un edificio residencial es el más destacable, 32,24 MWh/año. Requiere más del doble de energía que el escenario original, duplicando así la huella energética de los caseríos en el

territorio. Sin embargo, el valor de la demanda por superficie calefactada es de 124,6KWh/m²/año, el tercero más eficaz de las alternativas.

El escenario de la casa rural también presenta una influencia ambiental de una categoría similar, 30,2 MWh/año, de manera que junto al residencial debe ser tenido en cuenta a la hora acotar las intervenciones.

- **Escuela de agricultura, la menos eficiente por superficie calefactada.** Esta alternativa es la menos eficiente por superficie calefactada. Esto es debido a que los espacios con requerimientos de confort se sitúan en espacios con menos inercia y más altura libre como es el antiguo pajar. El volumen de aire es mayor por cada metro cuadrado calefactado. Surge el efecto parecido en el caso del agroturismo.
- **Agroturismo vs Casa rural.** Si se comparan los dos escenarios de hospedaje, se verifica el efecto energético de conservar el ganado en el establo. En el escenario del agroturismo el establo se convierte en un foco de calor que además no requiere calefacción, mientras en la casa rural la zona principal es la zona que más horas en confort necesita. De forma que la demanda general de los escenarios presenta una diferencia energética de más de 40 %, 17,18 MWh/año vs 30,2 MWh/año, más de lo exigido por la directivas europeas.

7.4. POTENCIAL DEL USO Y SU IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

El objetivo principal de este apartado es demostrar que el escenario de uso tiene un papel crítico y sustancial en la huella energética del patrimonio construido. En este sentido la experimentación verifica que la función socioeconómica de un mismo elemento arquitectónico puede llegar a duplicar su impacto medioambiental. Simplemente acotando una función u otra las emisiones varían de forma considerable sin apenas alterar su valor patrimonial.

Además se verifica que el caserío cuando mejor funciona energéticamente es en su función tradicional, pues su arquitectura va de la mano de ese específico escenario. Así, entendiendo este efecto, las nuevas alternativas se deben amoldar a este comportamiento.

- **kWh/año VS kWh/m²/año:** El experimento también demuestra que la huella medioambiental de una construcción no depende de la demanda energética respecto a la superficie útil, pues la superficie calefactada, las temperaturas de consiga y el tiempo en confort varían según el uso. Por lo que se concluye que desde una perspectiva territorial, como es el caso de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, la finalidad principal debe ser disminuir lo máximo posible las emisiones CO₂ de los más de 1.700 caseríos. De forma que al contrario que las exigencias de las normativas y estándares internacionales y nacionales, el valor a tener en cuenta es la demanda energética total del año.
- **Sensibilidad con alternativas vinculadas al sector primario.** Inmersos en esta perspectiva de un desarrollo sostenible global, este valor

debe ir de la mano del patrimonio y la función socioeconómica. Por lo tanto, los requerimientos energéticos deberán ser más sensibles con las alternativas de uso que vinculen el caserío al sector primario por mantener en vida la red de producción formada por los caseríos y para preservar el vínculo entre el *baserri* y el campo.

7.4.1. Hacia las exigencias de las intervenciones

Desde el punto de vista histórico-cultural, el caserío se identifica como la vivienda popular vasca que alberga un sistema de explotación agropecuaria. De manera que se considera que las exigencias energéticas se deben sensibilizar con la preservación de este vínculo. El fin es fortalecer aquellos escenarios que más respeten el carácter tradicional del *baserri*.

Sin embargo se insiste en la necesidad de vincular el conjunto de los caseríos de Urdaibai a un específico impacto medioambiental y de determinar un máximo de la demanda energética anual de cada caserío. Así las intervenciones que dependen del escenario del uso del caserío, se ajustarán a este valor.

- **La demanda energética límite: caserío de referencia.** La demanda energética límite se fundamenta respecto a la demanda del escenario tradicional adaptado a los nuevos estándares de confort. Es decir al *caserío de referencia*, que en su origen demanda 14,21 MWh/año.

Sin embargo, partiendo de los objetivos de las Directivas Europeas para los años 2020, 2030 y 2050, y teniendo en cuenta que la realidad económica del sector primario, la crisis actual de los caseríos y

que este tipo de patrimonio no se rehabilita cada década, se determina como finalidad principal ajustar las intervenciones al objetivo del marco Europeo para 2030. Es decir, un ahorro del consumo energético de 27 % respecto al *casero de referencia*: 10,374 kWh/año.

De esta forma en el siguiente apartado se realiza una experimentación para definir las directrices energéticas para cada escenario de uso del caserío Torre con el objetivo de que éste se adapte a la demanda establecida.

ORIGINAL ANNUAL HEATING DEMAND	TRADITIONAL USE	
	%	kWh/year
Original	0%	14211
European Obj. 2020	20%	11369
European Obj. 2030	27%	10374
European Obj. 2050	85%	2842

Fig. 220. Final energy demand conditions. 27% of the “reference *baserrri*”

REFERENCE FARMHOUSE OF THE EXPERIMENTATION

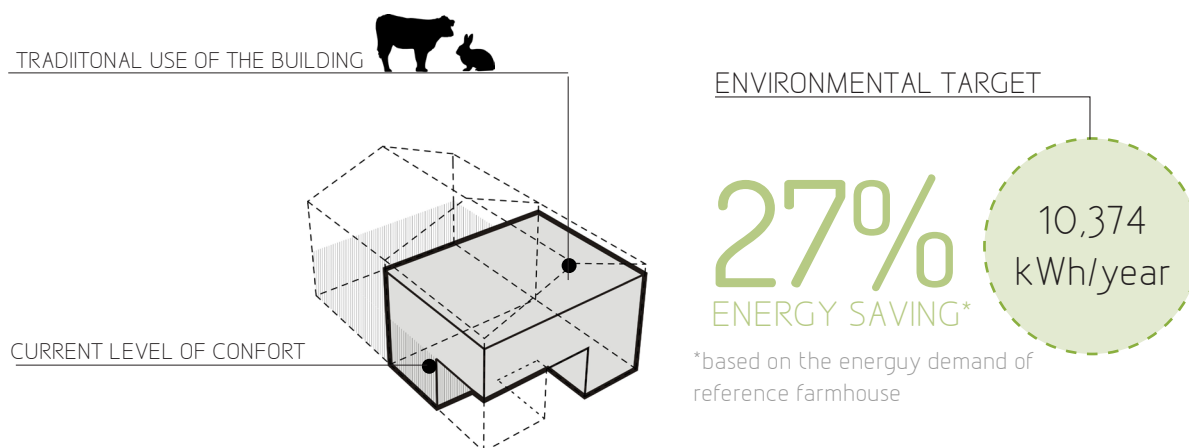


Fig. 221. reference farmhouse's characteristics

8. ESTRATEGIAS ENERGÉTICAS PARA LA REHABILITACIÓN EFICIENTE DEL CASERÍO

8. ENERGY STRATEGIES FOR THE EFFICIENT RETROFIT OF THE FARMHOUSE



Fig. 222. Thermal envelop of the intervention strategies

A lo largo de este trabajo se ha expuesto el comportamiento bioclimático del caserío como sistema autosuficiente y el potencial del uso en su demanda energética. Esta tercera fase de la experimentación busca identificar las estrategias energéticamente más eficientes para el caserío Torre. El objetivo es que este patrimonio construido se integre de la manera más eficiente posible a los objetivos de las directivas europeas para las próximas décadas.

- **Exigencia energética.**

Tal y como se expone en el apartado 4.5 y en el anexo 13.1, los requerimientos de las directivas se han ido actualizando y endureciendo en los últimos años. Los objetivos 20-20-20 todavía se mantienen, pero en el objetivo final de conseguir una reducción de 85 % en el consumo energético de las construcciones para 2050, la Comisión Europea en el año 2014 publica *“Un marco estratégico en materia de clima y energía para el período 2020-2030”* donde se acota una reducción de la demanda energética del 27% respecto a los niveles de 1990. Por lo que se concluye que esta actualización del caserío debe mejorar esta última exigencia.

De esta manera esta experimentación buscará definir cuáles son las intervenciones más apropiadas para que acercar el caserío a ese objetivo. Para ello se trabaja a través de la siguiente metodología:

8.1. METODOLOGÍA

- **Tipos y nivel de estrategias.** Se exponen las estrategias bioclimáticas que se van a tener en cuenta en la experimentación. Éstas están basadas en la lectura del apartado 4.5.5
- **Adaptación del caserío a las exigencias de la envolvente.** Las estrategias se

adecuan a la realidad constructiva e higrotérmica del caserío. Se realiza una comparación de la respuesta energética del edificio respecto a la implantación de estrategias de Coste Optimizado y de las que lo acercan a un Edificio de Consumo Casi Nulo.

- **Estudio paramétrico.** El experimento se realiza a través de estudios paramétricos que permiten ampliar el rango de cálculo. Así se facilita contrastar de forma adecuada la eficiencia de las distintas estrategias de rehabilitación.
- **Toma de decisiones.** El cálculo paramétrico permite conocer la demanda energética de las estrategias planteadas en cada escenario de uso. De manera que posibilita una lectura más fácil para la toma de decisiones respecto a otros factores que no están ligados con la eficiencia como es el impacto patrimonial, la dificultad de la ejecución o el coste de la intervención.

8.2. ESTRATEGIAS ENERGÉTICAS

Como se ha expuesto en el apartados 5.5.4.2 las posibilidades de mejora que existen para las construcciones existentes son diversas. Como se ha concluido en el apartado 6 éstas se pueden segregar en tres grupos: la adecuación del uso al caserío, mejora de la envolvente existente y las que aumentan el aporte solar directo.

La primera estrategia, basada en la adecuación del uso, se ha llevado a cabo en el previo apartado. En la que se potencia su relevancia debido a que puede llegar a duplicar la demanda energética absoluta de un edificio y sobre todo porque se fundamenta

en una intervención que apenas no altera su arquitectura. Sin embargo, dentro de las otras estrategias existen algunas que implican incluso una actuación irreversible. De manera que como el objetivo de esta experimentación es detectar estrategias energéticamente y patrimonialmente respetuosas, se descartan desde un principio estas estrategias irreversibles. Por lo tanto las actuaciones basadas en apertura de huecos se excluyen de esta experimentación.

Por otra parte, con el fin de acotar la experimentación de esta tesis doctoral también se descartan los cálculos de las estrategias bioclimáticas como los muro trombe, muros de agua e invernaderos. De manera que esta experimentación se centra en contrastar todas las estrategias que mejoren la envolvente del volumen acondicionado.

Éstas decisiones se consideran una limitación de esta experimentación debido a que su eficiencia puede ser importante.

8.2.1. La mejora de la envolvente

8.2.1.1. Concepto

Esta intervención se centra en la envolvente térmica que interactúa con las condiciones externas y los

espacios acondicionados. Por ello es importante destacar que la geometría de la superficie a intervenir va variando dependiendo del escenario de uso. La Fig. 207 muestra un ejemplo de la geometría de la envolvente que responde a un uso determinado. Su traza se basa en el perímetro de las zonas acondicionadas.

En el caso de los caseríos, debido a que el edificio goza de la inercia térmica proveniente del mampuesto externo, las estrategias planteadas tratan de mejorar su comportamiento disminuyendo las transmitancias térmicas de todos los elementos constructivos de la envolvente y el grado de estanqueidad de los espacios internos.

En los cálculos energéticos se contemplan todos los tipos de combinación posible entre las distintas formas de mejorar la capacidad de aislamiento y los distintos grados de estanqueidad. Por lo que se consideran también las posibilidades de un comportamiento mixto, y consecuentemente se abre el abanico de las posibilidades de actuación.

8.2.1.2. Tendencias de intervenciones energéticas

Tal y como se expone en el apartado 4.5.4.1 y con el objetivo puesto en el ahorro energético de 27 %,

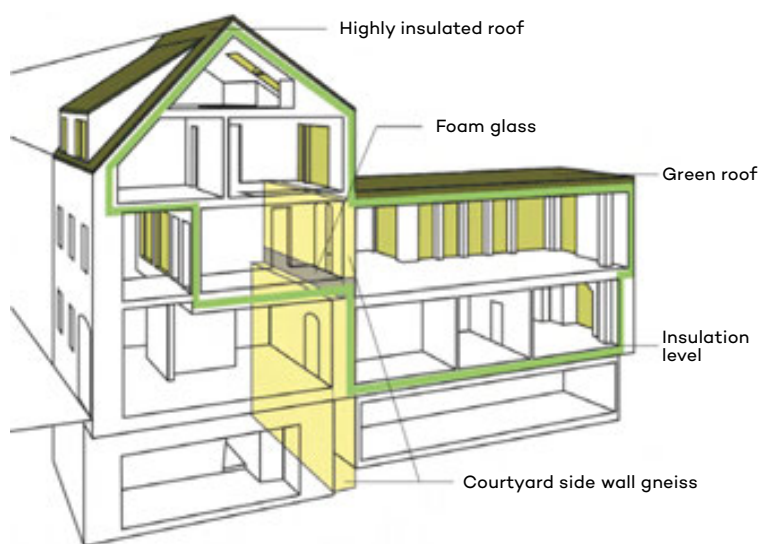


Fig. 223. Concept of the heating envelope (3encult 2015, p.295)

esta experimentación compara el rendimiento de las dos tendencias más extendidas de intervención energética: Coste Optimizado y niveles de Edificios de Consumo Casi Nulo.

- **Coste optimizado.**

El nivel de aislamiento se establece para un ahorro energético optimizado según la inversión requerida, su rendimiento energético y el ahorro económico producido: transmitancia térmica de la envolvente se sitúa entre 0,40 y 0,25 W/m²K (Eurima 2007, p.72). Asimismo, ECOFYS fija unos valores más exhaustivos dependiendo del clima y tipo de elemento constructivo. Para este se cogen los límites de Santander.

Para la mejora de acristalamiento se considera que el doble acristalamiento bajo emisivo con cámara de argón que proporciona una transmitancia térmica de 1.4 W/m²K es la adecuada para este paquete de medidas.

Santander, Spain	
Type	U value
Wall	0,30
roof	0,25
Floor	0,51

Fig. 224. U-values for Santander by ECOFYS (Eurima 2007, p.72)

- **Hacia Edificios de Consumo Casi Nulo.**

Con la finalidad de determinar las exigencias para acercar el caserío a un Edificios de Consumo Casi Nulo, se adoptan las medidas del estándar para la rehabilitación *EnerPHit*, de la mano del Instituto alemán *Passivhaus*. Se exige una transmitancia térmica de 0,15 W/m²K en toda la envolvente en caso de que el aislamiento se instala por la cara externa de elemento existente.

En caso de el aislamiento exterior estructuralmente, legalmente o económicamente no sea posible,

se podrá aislar por dentro, asumiendo una transmitancia térmica de 0,35 W/m²k. El suelo también se puede justificar si la temperatura superficial mínima es de 17 °C.

En esta ocasión, se determina la condición más exigente para contrastar su eficiencia energética respecto a la de las soluciones de Coste Optimizado. De manera que la envolvente se ciñe a una transmitancia térmica de 0,15 W/m²K.

Por lo que respecta al acristalamiento se requiere una transmitancia térmica de 0,85 W/m²K, que se consigue con un triple vidrio bajo emisivo y con argón (Passivhaus Institut 2013)

8.3. LAS CARACTERÍSTICAS DE LA MEJORA DE LA ENVOLVENTE

Se adaptan los sistemas constructivos existentes del caserío a las exigencias establecidas. Se ha de tener en cuenta que la envolvente térmica varía según el uso, por lo que los tabiques y forjados interiores se deben también aislar dependiendo del uso.

Los materiales se exponen en el apartado 7.4.6, de manera que se determina el tipo, la posición y el grosor de aislamiento a incorporar.

8.3.1. Tipo de aislamiento

El material escogido mayoritariamente es la fibra de madera debido a la baja huella ecológica de su ciclo de vida. Además su conductividad térmica, dependiendo en la densidad, ronda 0,04 W/m·K, por lo que se considera que es un valor que fácilmente se puede conseguir mediante otros materiales aislantes de menor coste.

Por lo que respecta al aislamiento de los zócalos de elementos verticales y del suelo se escoge un material resistente a la humedad que evite su deterioro y el paso de la humedad por capilaridad: el poliestireno extruido. Además este material tiene

menos valor de conductividad 0,04 W/mK por lo que aísla mejor que la fibra de madera, pero sin embargo la huella ecológica es mayor.

8.3.2. Espesor del aislamiento

El espesor del aislamiento se ajusta a los requerimientos establecidos en las estrategias de Coste Optimizado y del estándar EnerPHit.

En cuanto al Coste Optimizado, se determinan los dos valores de acotan el rango de la transmitancia señalada previamente: el escenario menos favorable se simula a través de una transmitancia de 0,40 W/m²K y el más favorable con las establecidas en la tabla 8.1.

Por lo que respecta a requerimientos de EnerPHit, los tipos constructivos se amoldan a la transmitancia

térmica de 0,15 W/m²K.

Tal y como se aprecia en la tabla, EnerPHit requiere instalar 25 cm de aislamiento en casi todos los parámetros, mientras el Coste Optimizado exige entre 8 y 12 cm. En el primer escenario los muros externos pasan de una sección de 61 cm a 87 cm, los forjados internos de un entablado de 3 a una sección de 31 cm –sin falso techo-, los tabiques de 12 cm a 27 cm y además para mantener una diferencia de cota entre el suelo y forjado interior se necesita levantar suelo hasta bajar a una cota 25 cm inferior que la cota original.

Por lo tanto la diferencia de espesor entre las dos estrategias en la intervención conlleva una pérdida de más de 15 cm en todo el perímetro del espacio útil, aumentando el impacto patrimonial y los costes del material de la actuación.

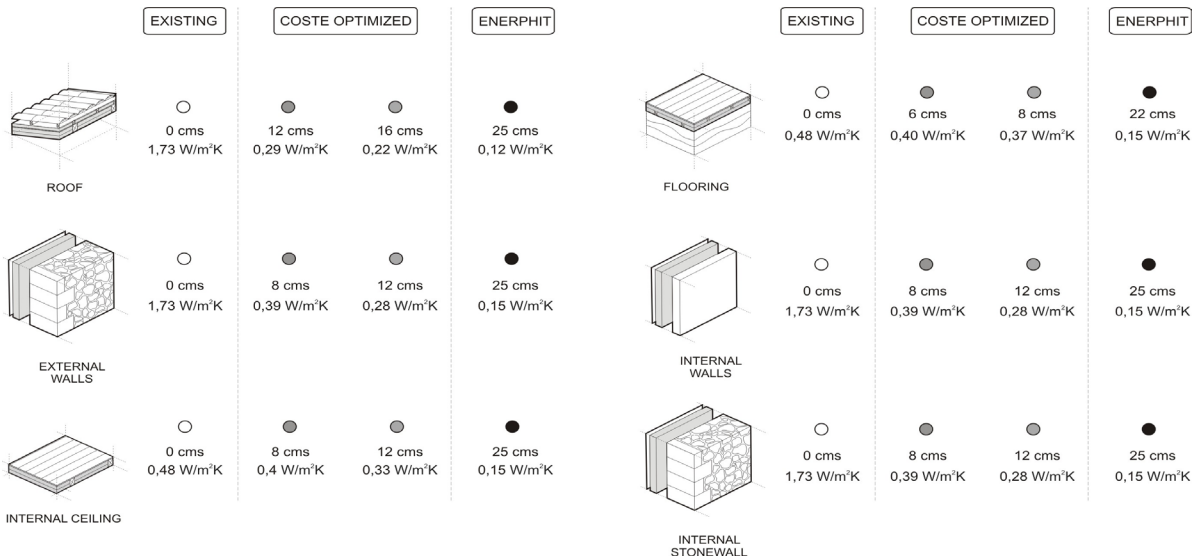


Fig. 226. Experiment U-values Combinations

	Existing		OIS				EnerPHit	
	W/m²K.	Thick.	W/m²K.	Thick.	Value	Thick.	W/m²K.	Thick.
Flooring	0,48	0	0,40	0,06	0,37	0,08	0,15	0,22
ceiling	2,33	0	0,40	0,08	0,33	0,12	0,15	0,25
External Wall internal	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25
External Wall external	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25
Internal Wall	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25
Internal Stonewall	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25
Roof	2,31	0	0,29	0,12	0,225	0,16	0,15	0,25

Fig. 225. U-values for the experiment

		Existing		OIS		EnerPHit	
		W/m ² K.	type	W/m ² K.	type	W/m ² K.	type
Glazing	5	Single glazed	1,4	Double glazed	0,8	triple glazed	

Fig. 227. Type of glazing for the experiment

8.3.3. Tipo de acristalamiento

El acristalamiento del caserío Torre pasa de una simple de 3 mm a uno de doble vidrio bajo emisivo con cámara de argón - transmitancia térmica de 1.4 W/m²K – en el caso de Coste Optimizado y uno de triple vidrio bajo emisivo con cámara de argón - transmitancia térmica de 0.8 W/m²K –.

8.3.4. La posición del aislamiento.

En esta siguiente gráfica se muestra la posición en la que se sitúa la capa de aislamiento en cada tipo constructivo.

ELEMENT	layers	THICKN. m	CONDUCT.W/(m·K)	DENSITY kg/m3	SPC. HEAT CAP. J/(kg·K)	TRANSM. U W/m2·K
ROOF		0,175				0,225
	Clay tile	0,015	0,84	1900	800	
	Timber flooring	0,03	0,14	650	1200	
	Wood Fiber	0,16	0,04	160	2100	
EXTERNAL WALLS	external					
	STONEWALLS	0,76				0,280
	Plaster (lightw.)	0,01	0,16	600	1000	
	Wood Fiber	0,12	0,04	45	2150	
	Limestone	0,22	1,5	2180	720	
	Limestone	0,18	1,5	2180	720	
	Limestone	0,22	1,5	2180	720	
	Plaster (lightw.)	0,01	0,16	600	1000	
EXTERNAL WALLS	Internal					
	STONEWALLS	0,75				0,283
	Limestone	0,22	1,5	2180	720	
	Limestone	0,18	1,5	2180	720	
	Limestone	0,22	1,5	2180	720	
	Wood Fiber	0,12	0,04	45	2150	
	Plaster (lightw.)	0,01	0,16	600	1000	
INTERNAL CEILINGS		0,18				0,330
	Timber flooring	0,03	0,14	650	1200	
	Wood Fiber	0,12	0,04	45	2150	
	Timber flooring	0,03	0,14	650	1200	
INTERNAL WALL		0,58				1,690
	Plaster (lightw.)	0,01	0,16	600	1000	
	Birckwork	0,1	0,62	1700	800	
	Wood Fiber	0,12	0,04	160	2100	
	Plaster (lightw.)	0,01	0,16	600	1000	
GROUND FLOOR		0,58				0,480
	Cultivated Peat Soil 133%	0,5	0,29	700	3300	
	Air gap	0,05				
	XPS Extruded Polystyrene	0,08	0,034	160	2100	
	Timber flooring	0,03	0,14	650	1200	
WINDOWS	Double Glazed low-e Argon					1,400

8.3.4.1. Elementos horizontales de madera

En los elementos horizontales el aislamiento se ubica entre las dos capas de madera. Así se evita el impacto arquitectónico y se mejora su rendimiento energético. Sin embargo, la incorporación de materiales que frenan el paso de vapor mejoraría la estanqueidad que a la vez reduciría la demanda de renovación de aire caliente. Esta estrategia funciona de manera eficiente cuando se instalan sistemas de ventilación mecánica.

8.3.4.2. Suelo de la planta baja

Se instala poliestireno extruido por debajo del suelo de madera- Parte del espesor comparte sección con los rastreles que sujetan el entablado y otra parte aísla y genera una lámina de impermeabilización por debajo.

8.3.4.3. Particiones internas.

Las particiones internas se aíslan con la fibra de madera por la cara interna del espacio calefactado con la finalidad de configurar mejor la unión entre el aislamiento del forjado interno y del tabique.

8.3.4.4. Muros exteriores de piedra

Uno de los puntos más importantes y que actualmente es objeto de discusión entre expertos en la rehabilitación energética de edificios históricos, es la incorporación de aislamiento en las fachadas principales. Es uno de los puntos singulares donde los más conservacionistas del patrimonio defienden el valor histórico-cultural del elemento y donde los más sensibles con el impacto medioambiental encuentran en él una oportunidad de mejora de comportamiento sustancial.

En este sentido, esta experimentación analiza el comportamiento del caserío Torre en base a tres distintas alternativas:

a) El mampuesto externo sin aislamiento.

En la experimentación se cuantifica la demanda energética del caserío sin intervenir en el mampuesto exterior. Este escenario tiene como objetivo valorar la posibilidad de conservar los muros externos recordando su estado original. Se realizan trabajos de consolidación que apenas cambian su carácter energético, dejando el mampuesto visto, encalado o incluso raseado con mortero de cal. Se deben controlar las condensaciones en el mampuesto debido a que las condiciones higrotérmicas interiores van variando según el uso.

- b) **Aislamiento por el interior.** Esta estrategia permite dejar intacto la estética exterior del caserío y mejorar el rendimiento energético. La idea se basa en crear una carcasa interior que envuelva el espacio acondicionado, logrando así controlar la demanda.

Entre los inconvenientes se encuentra que existe una pérdida del espacio interior útil, que se deben controlar los puentes térmicos creados por la dificultad de la continuidad del aislamiento entre espacios y la pérdida de la calidad de texturas interiores de materiales tradicionales. Asimismo, las condensaciones superficiales e intersticiales y la pudrición y el puente creado en las cabezas de vigas de madera requieren especial atención.

- c) **Aislamiento por el exterior.** El aislamiento por el exterior cubre el objeto arquitectónico por fuera y posibilita disponer de la masa térmica del mampuesto en espacios internos. Así la energía generada dentro de las estancias se almacena en los muros y se amortiguan las temperaturas internas de manera más estable. Además el

aislamiento dificulta que esta energía se disipe hacia el exterior.

La eficacia de esta estrategia depende de las zonas acondicionadas. Pues cuando el escenario del uso exige el acondicionamiento del total de la volumetría del caserío, la continuidad del aislamiento se mantiene en toda su superficie y apenas existen puntos donde se produzcan puentes térmicos. Sólo se dificulta el detalle de entre el aislamiento de los muros y del suelo interior. La solución pasa por bajar el aislamiento exterior hasta una cota que garantice una rotura del puente térmico.

Sin embargo, en escenarios que sectorizan las zonas calefactadas, como es el caso de la mayoría de las alternativas propuestas para esta experimentación, la superficie aislada por el exterior debe tener en cuenta la geometría que genera en el alzado y que se debe romper el puente térmico creado entre el aislamiento del forjado interior y el externo del muro. En este caso se debe alargar el aislamiento tanto por el exterior y por el interior de la mampostería.

A grandes rasgos, el aislamiento exterior tiene un impacto arquitectónico y visual más considerable que las otras estrategias. Esto se debe a que la superficie exterior de los muros que envuelven un espacio calefactado son recubiertos por un Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE). Se debe prestar atención a la alteración del comportamiento higrotérmico de la envolvente para garantizar que no se generen condensaciones intersticiales o superficiales. Y al mismo tiempo tiene la ventaja de que no se crean pérdidas de superficie útil interior y se simplifica el mantenimiento de las cabezas de vigas de madera.

8.3.5. Estanqueidad al aire de la envolvente

Como se comenta en el apartado 4.5.5.4 la estanqueidad del aire requiere especial atención en la eficiencia energética, pues un edificio estanco minimiza las filtraciones de aire y por lo tanto evita pérdidas de calor continuas importantes. Por ello la filosofía de los Edificios de Consumo Casi Nulo pasa por crear espacios estancos con alto espesor de aislamiento con el objetivo de evitar dejar salir al aire caliente interno hacia el exterior.

Sin embargo, implantar estas medidas en las construcciones tradicionales como en el caserío suele ser de gran dificultad, sobre todo cuando se opta por aislar por dentro. Pues los sistemas constructivos no fueron diseñados para comportarse de esa forma, de manera que se requiere un nuevo paquete de medidas que aparte de exigir un espesor final de 87 cm de la envolvente exterior, necesita tener una lámina estanca continua. En este sentido, se debe prestar especial atención a las uniones de la estructura porticada de madera con el suelo y con los muros por tres motivos: primero porque existe una rotura geométrica de la lámina impermeable, segundo porque las fendas y las perforaciones o imperfecciones creadas por ataques biológicos conectan el ambiente interior con el exterior y por último, porque las vigas de madera están sometidos a condiciones higrotérmicas muy distintas posibilitando que surjan condensaciones intersticiales en el paramento.

Para esta experimentación se establece una estanqueidad de 4 ren/h @50 Pa para mejoras de Coste Optimizado y 1 ren/h @50 Pa para ECCN tal y como define el estándar EnerPHit.

8.3.6. Cálculo de condensaciones

La incorporación de materiales aislantes a sistemas constructivos existentes altera el comportamiento higrotérmico previo del mismo. Sin embargo, tal y como se expone en el apartado 6.7.5.1 el muro

de mampostería original tiene condensaciones superficiales en las condiciones externas reales del 2013 y en caso de que se acondicionara el establo. Además existe riesgo real de que también se generen condensaciones intersticiales en la sección del mampuesto.

De forma que se recomienda la incorporación de materiales aislantes y transpirables, incluso de láminas permeables al aire pero transpirables al vapor, con S_d variable. Se recomienda también la aplicación de morteros de cal que ayuda a homogeneizar y reducir el empapamiento del mampuesto, y mantiene su capacidad de evaporación por la porosidad del material.

Éste siguiente gráfico muestra el comportamiento térmico intersticial de un muro de mampostería de 60 cm con mortero de cal a ambas caras con 12 cm + 4 cm de fibra mineral, tablero OSB, retardador de vapor y doble panel por dentro.

El muro de mampostería, como ocurre en el caserío Torre, amortigua las temperaturas externas. No obstante su cara interna no se encuentra en contacto con el ambiente interno que lo separan 16 cm de aislamiento. De manera que la temperatura de esta cara no alcanza los 8 °C durante el periodo de monitorización, mientras el espacio interior se mueve entre 20 °C y 22 °C en general. Así, el mampuesto se somete a temperaturas muy distintas al que estaría en el caso de que no existiese el aislamiento térmico.

Por lo tanto se calcula el comportamiento higrotérmico de la nueva envolvente de Torre en escenarios de Coste Optimizado y EnerPHit. El cálculo se lleva a cabo a través del software gratuito “eCondensa 2” realizado por Germán Campos, que permite modificar los valores de los materiales que se incorporan.

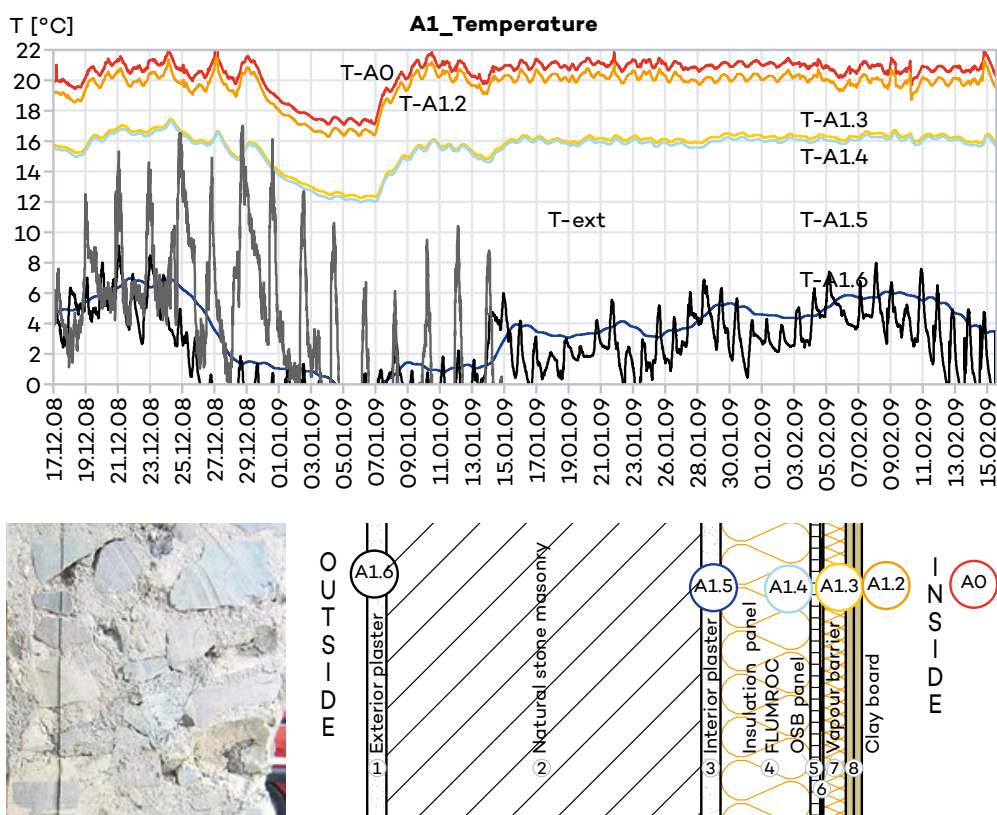


Fig. 229. Thermal behavior of a masonry wall with internal and external plaster (3ENCULT, p.172)

Se simula el escenario de invierno y verano de los datos externos con los siguientes valores.

	Winter		Summer	
	HR (%)	T (°C)	HR (%)	T (°C)
External	100	1,33	22,21	32,81

Fig. 230. External conditions for condensations calculations

El cálculo se realiza en los escenarios que se aísla por dentro, debido a que el aislamiento exterior permite que el mampuesto no responda a condiciones higrotérmicas muy distintas en sus dos caras.

Por lo que respecta a la solución propuesta se sitúa una lámina impermeable al aire y transpirable al vapor, con Sd variable, en la cara caliente del aislamiento. Así en caso de que existan condensaciones intersticiales el aislante no sufrirá deterioro.

Se resumen los cálculos de distintos escenarios se exponen en el anexo 13.5.

a) **Escenario I. 8 cm por el interior.** Existe acumulación de condensaciones de hasta 3,68 kg/m² en el mes de Marzo en la cara exterior del retardador de vapor, por lo que se protege el aislamiento. Se considera que este valor es inferior a la cantidad evaporada, por lo que esta intervención funciona higrotérmicamente de forma adecuada. Se cumple: $fR_{si} > R_{si,min}$. $0,91 > 0,755$

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Caliza blanda [1600 < d < 1790]	60	1.1	25	0,545455	1,833333	899,252	1478,127	0
Polipropileno [PP]	0,4	0.17	18750	0,023529	42,5	1485,563	1485,563	3,67889
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	8	0,0405	1	1,975309	0,50625	1443,867	2239,834	0
Placa de yeso laminado [PYL] 750 <	2	0,25	4	0,08	12,5	1402,171	2276,407	0

Si hay condensación en el aislante, deberá justificar en proyecto que éste no sufre degradación.

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 10,9 Hrel.ext (%): 60 Enero fR_{si} = 0,9105
Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 60 fR_{si,min} = 0,7555 **La cantidad evaporada es superior a la condensada.**

Mes: ☐ E ☐ F ☐ M ☒ A ☐ M ☐ J ☐ J ☐ A ☐ S ☐ O ☐ N ☐ D

CUMPLE

Fig. 231. Scenario I condensations' calculations

b) Escenario III. 12 cm por el interior.

Existe acumulación de condensaciones de hasta 3,94 kg/m² en el mes de Marzo en la cara exterior del retardador de vapor, por lo que se protege el

aislamiento. Se considera que este valor es inferior a la cantidad evaporada, por lo que esta intervención funciona higrotérmicamente de forma adecuada. Se cumple: $fR_{si} > R_{si,min}$. $0,933 > 0,755$

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Caliza blanda [1600 < d < 1790]	60	1,1	25	0,545455	1,833333	782,546	1250,546	0
Polipropileno [PP]	0,4	0,17	18750	0,023529	42,5	1256,541	1256,541	3,93855
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	12	0,0405	1	2,962963	0,3375	1343,919	2246,161	0
Placa de yeso laminado [PYL] 750 <...	2	0,25	4	0,08	12,5	1402,171	2280,377	0

Si hay condensación en el aislante, deberá justificar en proyecto que éste no sufre degradación.

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 8,5 Hrel.ext (%): 62 Enero
Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 60 fRsi = 0,9339
fRsi,min = 0,7555

Mes: ☐ E ☐ F ☒ M ☐ A ☐ M ☐ J ☐ J ☐ A ☐ S ☐ O ☐ N ☐ D

La cantidad evaporada es superior a la condensada.

CUMPLE

Fig. 232. Scenario III condensations' calculations

c) Escenario V. 25 cm por el interior.

Existe acumulación de condensaciones de hasta 3,00 kg/m² en el mes de Marzo en la cara exterior del retardador de vapor, por lo que se protege el aislamiento. Se considera que este valor

es inferior a la cantidad evaporada, por lo que esta intervención funciona higrotérmicamente de forma adecuada. Se cumple: $fR_{si} > R_{si,min}$. $0,964 > 0,755$

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Caliza blanda [1600 < d < 1790]	60	1,1	25	0,545455	1,833333	880,599	1370,869	0
Polipropileno [PP]	0,4	0,17	18750	0,023529	42,5	1373,647	1373,647	3,00459
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	25	0,0405	1	6,17284	0,1620	1395,256	2297,705	0
Placa de yeso laminado [PYL] 750 <...	2	0,25	4	0,08	12,5	1402,171	2312,588	0

Si hay condensación en el aislante, deberá justificar en proyecto que éste no sufre degradación.

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 10,9 Hrel.ext (%): 60 Enero
Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 60 fRsi = 0,9642
fRsi,min = 0,7555

Mes: ☐ E ☐ F ☒ M ☐ A ☐ M ☐ J ☐ J ☐ A ☐ S ☐ O ☐ N ☐ D

La cantidad evaporada es superior a la condensada.

CUMPLE

Fig. 233. Scenario V condensations' calculations

8.3.6.1. Cabezas de vigas

Las vigas de madera cuando atraviesan el trasdosado en intervenciones de aislamiento interior son sometidos a distintas condiciones higrotérmicas por lo que es probable que existan humedades intersticiales. Y éstas se acumulan en

las cabezas de viga, creando posibles patologías que en su estado original no existían.

Además cuando se pretende realizar una envolvente estanca al aire y permeable al vapor, el detalle se dificulta aún más.

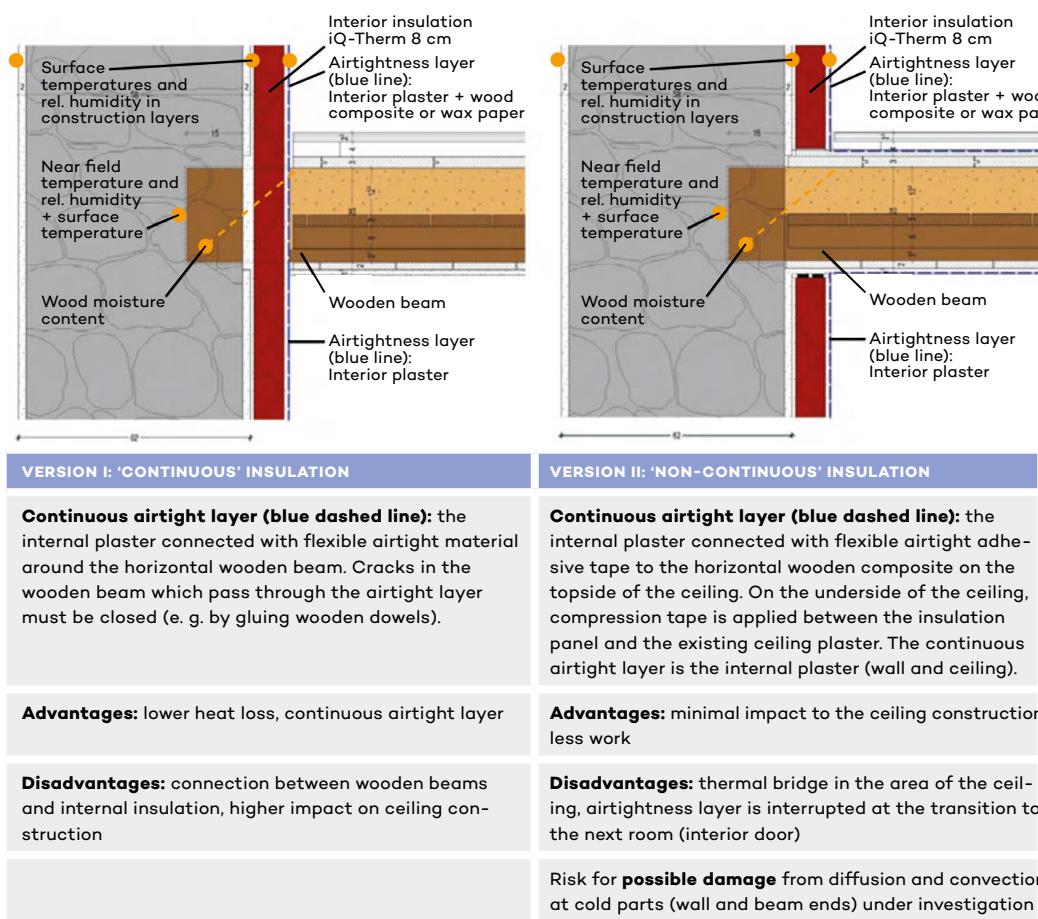


Fig. 234. Insulation strategies in the joint of the wooden beam's with masonry wall (3ENCULT 2015, p.231)



Fig. 235. Recommended solutions for wooden beams sealing with

En estos casos se recomienda adaptar la geometría de la viga con la cinta y sellar las fendas y perforaciones con componentes de sellado para minimizar las infiltraciones. Existirá una circulación mínima de aire que evite la concentración de la humedad (3encult 2015, p.139)

8.4. ESTUDIO PARAMÉTRICO EN LA ENVOLVENTE DE LOS ESCENARIOS

Con el objetivo de poder acotar la intervención energética en el caserío Torre, se realiza un estudio paramétrico que compare la eficiencia de cada solución.

8.4.1. Estudio paramétrico, el concepto

El estudio paramétrico permite realizar lecturas energéticas exhaustivas de cada tipo de intervención de manera simultánea con el fin de poder comparar la eficiencia de cada solución y optar por la solución más adecuada para cada proyecto arquitectónico.

Es una herramienta eficaz y de gran potencial para los proyectos de intervención energética en la rehabilitación pues permite trabajar con rangos de simulación más amplios. Así facilita contemplar un abanico de intervención más holgado concluyendo en una toma de decisión más acertada.

Este estudio se realiza a través del software JEPlus, que trabaja sobre el motor de cálculo energético EnergyPlus. No se decanta por la herramienta de optimización JEPlus+EA pues aunque sea gran utilidad para detectar la óptima solución en proyectos de nueva planta, el estudio paramétrico permite mayor flexibilidad para la toma de decisiones que requieren otro tipo de criterio.

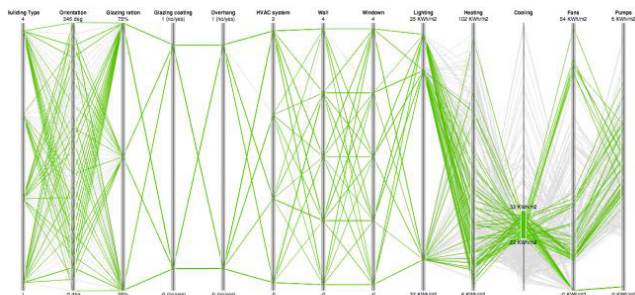


Fig. 236. Parametric analysis concept (Naboni, Zhang et al, p.108)

La herramienta JEPlus básicamente proporciona la posibilidad de realizar simulaciones energéticas de forma simultánea -8 jobs en paralelo- y recopila los resultados según el objetivo definido en un documento de formato *.csv.

8.4.2. Parámetros y valores de la experimentación

Esta experimentación se realiza en base a las variables expuestas previamente.

8.4.2.1. Escenarios de uso

Se cuantifica la influencia de las intervenciones según el uso del edificio.

- Agroturismo
- Casa rural
- Restaurante
- Uso tradicional
- Producción de ecoagricultivos
- Uso residencial
- Museo
- Escuela de ecoagricultura

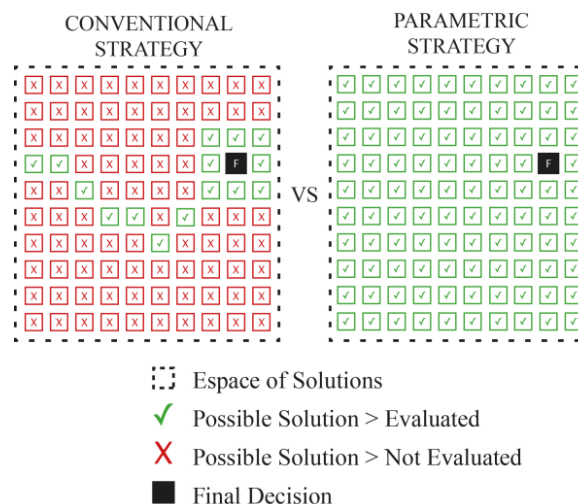


Fig. 237. Conventional strategy vs parametric strategy (Naboni, Zhang et al, p.106)

8.4.2.2. Valores de los parámetros energéticos.

Se recopilan los valores de los distintos parámetros que requieren las intervenciones de Coste Optimizado y EnerPHit, como ejemplo de estándar de Edificios de Consumo Casi Nulo en la rehabilitación.

basadas en los distintos grados de aislamiento y de estanqueidad establecidos en base al Coste Optimizado y el estándar EnerPHit.

Este estudio experimenta con intervenciones

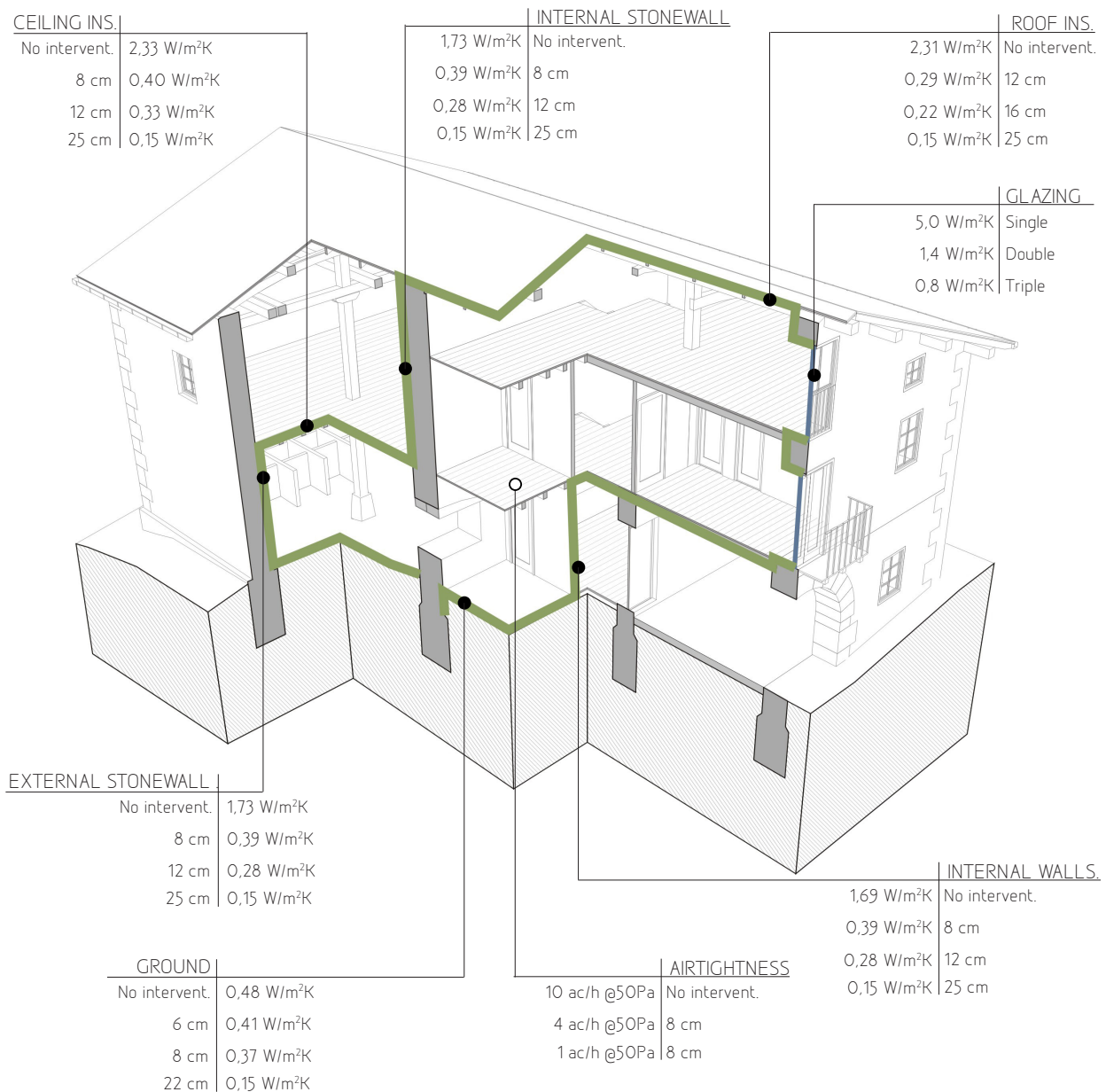


Fig. 238. Values of the parameters for the parametric studies of intervention strategies

PARAMETRIC STUDIES											
			Existing		OIS				EnerPHit		N° VALUES
			Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	
PARAMETERS	1	Roof	2,31	0	0,29	0,12	0,225	0,16	0,15	0,25	3
	2	Ext. Wall internal	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	3	ceiling	2,33	0	0,4	0,08	0,33	0,12	0,15	0,25	3
	4	Ground	0,48	0	0,41	0,06	0,37	0,08	0,15	0,22	3
	5	Internal Wall	1,69	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	6	Intern. Stonewall	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	7	Ext. Wall external	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	8	Glazing	5	Single G	1,4 Double G				0,8	triple G	3
	9	Airtightness	10 ac/h		4 ac/h				1 ac/h		3

Fig. 239. Parameters of the experimentation

Cabe destacar lo siguiente:

- **Aislamiento del muro externo.** Pese a que en un principio se cuantifican todos los escenarios de intervención, se eliminan la posibilidad de que el muro se aisle por las dos caras. Asimismo tampoco se contempla la posibilidad de mejorar la estanqueidad hasta 1 ren/h @50Pa y no incorporar aislamiento.
- **Supresión de variables según el escenario.** En los estudios paramétricos sólo se tienen en cuenta los parámetros que sean parte de la envolvente de espacios acondicionados de cada escenario. Por ejemplo en los casos en que no se calefactan los espacios de bajo cubiertas, no se contempla aislar la cubierta por lo que ese parámetro se deja en su valor original.

8.4.2.3. Otras lecturas desde la experimentación

Dentro del fin principal de detectar la solución más apropiada para cada escenario de uso, el estudio paramétrico como cuantifica las distintas posibilidades que se encuentran dentro de las intervenciones energéticas, permite contrastar la eficiencia de soluciones patrimonialmente más respetuosas,

- **Mantener los muros en su estado original.** Se cuantifica la posibilidad de que mantener los muros de mampostería en su estado original como elementos de gran masa térmica. De manera que al final de la experimentación se permite valorar desde el punto de vista energético y patrimonial si es considerable o no intervenir en este paramento.
- **Coste Optimizado VS ECCN.** Se contrastan los dos tipos de intervención en la envolvente, de manera que se determina cual es el apropiado equilibrando el ahorro energético conseguido y la alteración patrimonial, costes y pérdidas de espacio.
- **El uso vs intervención.** Realizando una lectura transversal contrastará el potencial energético del uso respecto las intervenciones arquitectónicas.

8.4.3. Experimentación

La experimentación de cada escenario se realiza en un primer momento de forma paralela, para luego interpretar las conclusiones de forma general.

8.4.3.1. Agroturismo

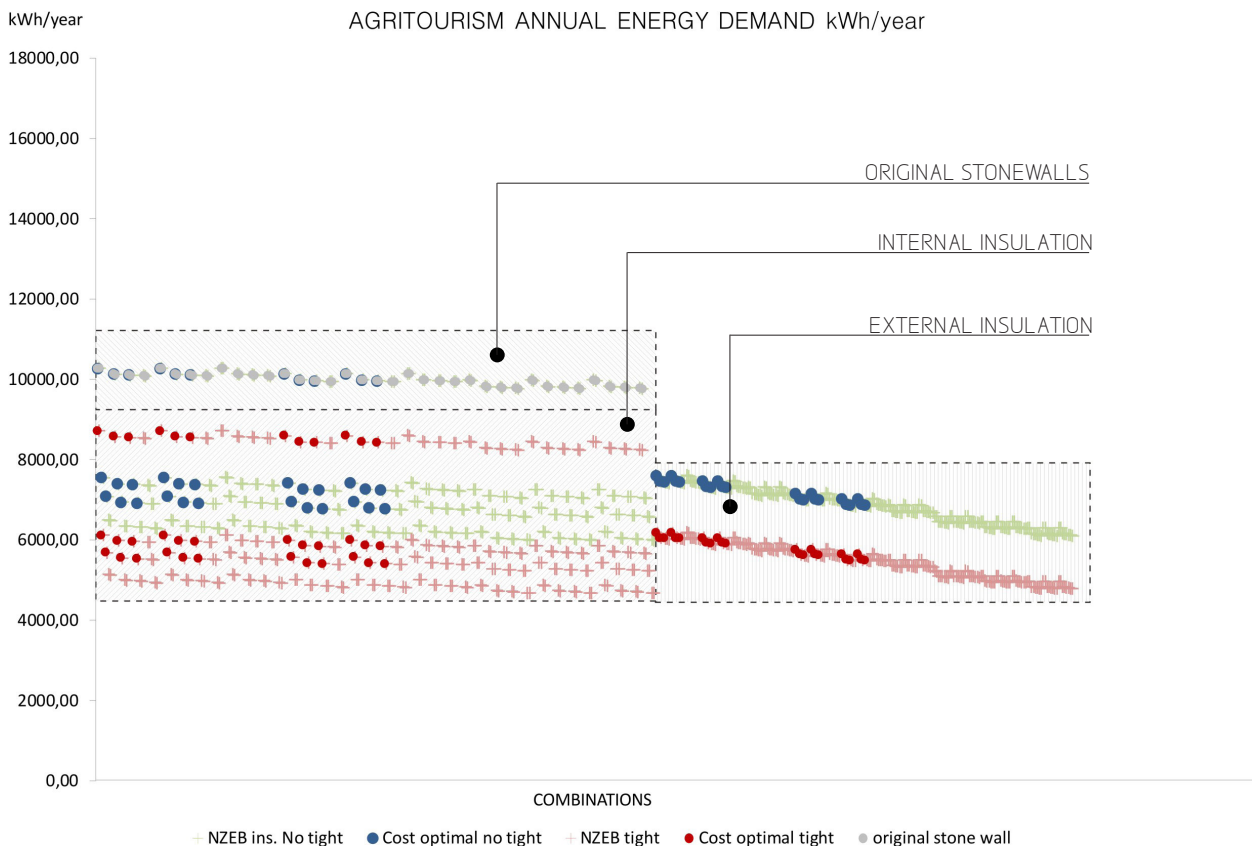
La experimentación presenta una combinación de 2304 simulaciones. Se evitan los escenarios de

intervención en los cuales el suelo y los forjados internos. Lo mismo ocurre con el acristalamiento simple.

AGROTOURISM											
			Existing		OIS				EnerPHit		Nº VALUES
			Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	
PARAMETERS	1	Roof	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	Ext. Wall internal	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	3	ceiling	-	-	0,4	0,08	0,33	0,12	0,15	0,25	3
	4	Ground	-	-	0,4	0,06	0,37	0,08	0,15	0,22	3
	5	Internal Wall	1,69	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	6	Intern. Stonewall	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	Ext. Wall external	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	8	Glazing	-	-	1,4	Double G			0,8	triple G	2
	9	Airtightness	-		4 ac/h				1 ac/h		2
TOTAL COMBINATIONS								2304			

Fig. 240. Values of the parameter for Agriturismo scenario

Los resultados se exponen en el siguiente gráfico:



Discusión sobre los resultados:

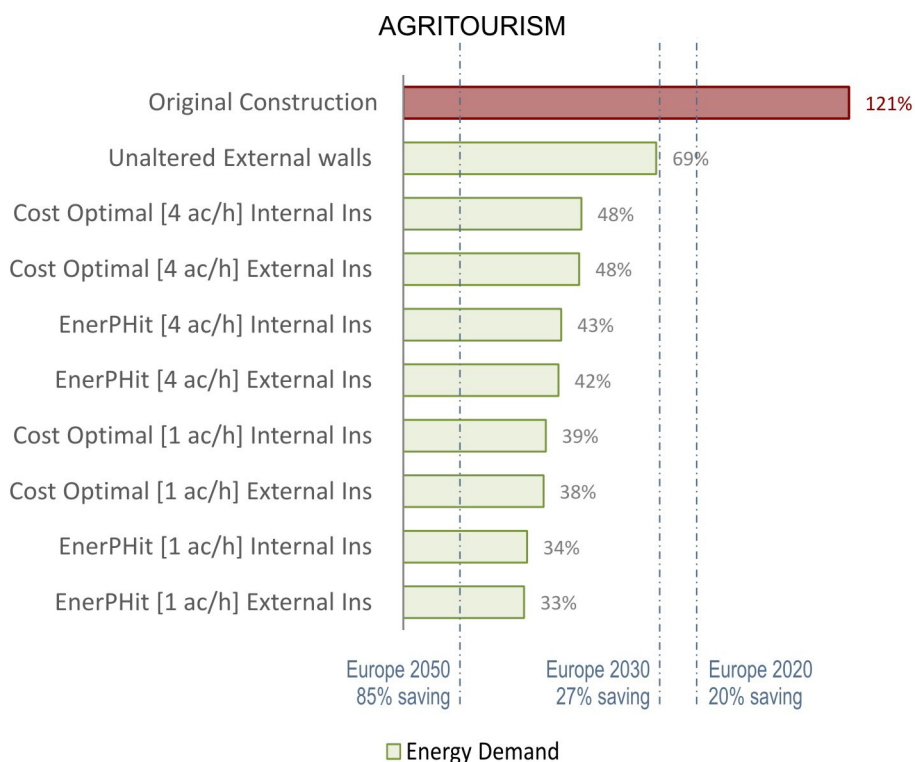


Fig. 242. Energy efficiency in agritourism exploitation scenario

- Demanda energética anual.** La demanda general del escenario de uso del agroturismo en su estado original es de 17.188 kWh/año. Interviniendo con criterios de Coste Óptimo se disminuye hasta 6.785 kWh/año y con los requerimientos de aislamiento y estanqueidad de EnerPHit hasta 4.661 kWh/año. Éstos respectivamente corresponden a 61% y 73% de ahorro energético respecto a su estado original. Sin embargo, contrastando con el consumo anual del caserío Torre en su estado y uso tradicional, el ahorro es de 52% y 67%, de manera que los dos cumplen el objetivo del marco Europeo para el año 2030 -27% de ahorro- y se acercan a los objetivos para 2050.
- Muros externos en su estado original.** La intervención que deja los muros de mampostería exteriores vistos por ambas caras presenta el siguiente comportamiento: con una solución tipo Coste Optimizado en los otros tipos constructivos de la envolvente calefactada se reduce la demanda anual hasta 9.956 kWh/año y con soluciones de aislamiento de EnerPHit –sin mejora de estanqueidad-, hasta 9.757 kWh/año. Un ahorro de entre 42% y 43% respecto a su estado original con el mismo uso, y 31% respecto al uso tradicional, por lo que en este escenario final cumple el objetivo de 2030. Así que en escenario de agroturismo no es necesario aislar la envolvente de mampostería

- **Rendimiento de Coste Optimizado.** La demanda energética mínima con soluciones de Coste Óptimo es de 6,785 kWh/año que corresponde a una intervención con aislamiento por el exterior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento interior demanda aprox. 85 kWh/año más que el exterior: 6.871 kWh/año. Como se ha expuesto corresponden a 60% de ahorro respecto al estado original, y 52% respecto a la demanda tradicional y estado original. Por lo que cumple con los objetivos del marco Europeo para el año 2030.
- **Rendimiento de las soluciones EnerPHit.** La demanda energética mínima con soluciones de EnerPHit es de 4.661 kWh/año que corresponde a una intervención con aislamiento por el exterior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento interior de 25 cm más la lámina de estanqueidad demanda 4.776 kWh/año. Como se ha expuesto corresponden a 73% de ahorro respecto al estado original, y 66% - 67% respecto a la demanda tradicional y estado original. Por lo que va más allá de los objetivos del marco Europeo para el año 2030.
- **Espesor de aislamiento VS envolvente estanca.** Esta experimentación cuantifica que los 15 cm de aislamiento de diferencia entre la solución de Coste Óptimo y EnerPHit proporciona una mejora de rendimiento 4% - 5% respecto al de estado original, es decir pasa de 61% a 65%, mientras la diferencia entre los valores es de 11%. Sin embargo, la reducción de infiltraciones al aire de la envolvente, que permite una mejora de estanqueidad de 4 ren/h a 1 ren/h

@50Pa, proporciona una mejora de 8% - 9% del rendimiento respecto al de estado original y una diferencia entre los consumos de más de 22%.

En resumen el aumento del aislamiento reduce aprox. 800 kWh/año y la mejora de estanqueidad aprox. 1.370 kWh/año.

- **Aislamiento del suelo.** A partir de 6 cm de aislamiento en el suelo, no se detecta apenas ninguna disminución en el consumo energético.
- **Acristalamiento doble a triple.** La mejora de vidrio en los dos niveles de intervenciones, disminuye aprox. 15 kWh la demanda anual del caserío. Esto se debe a la poca superficie de acristalamiento existente.

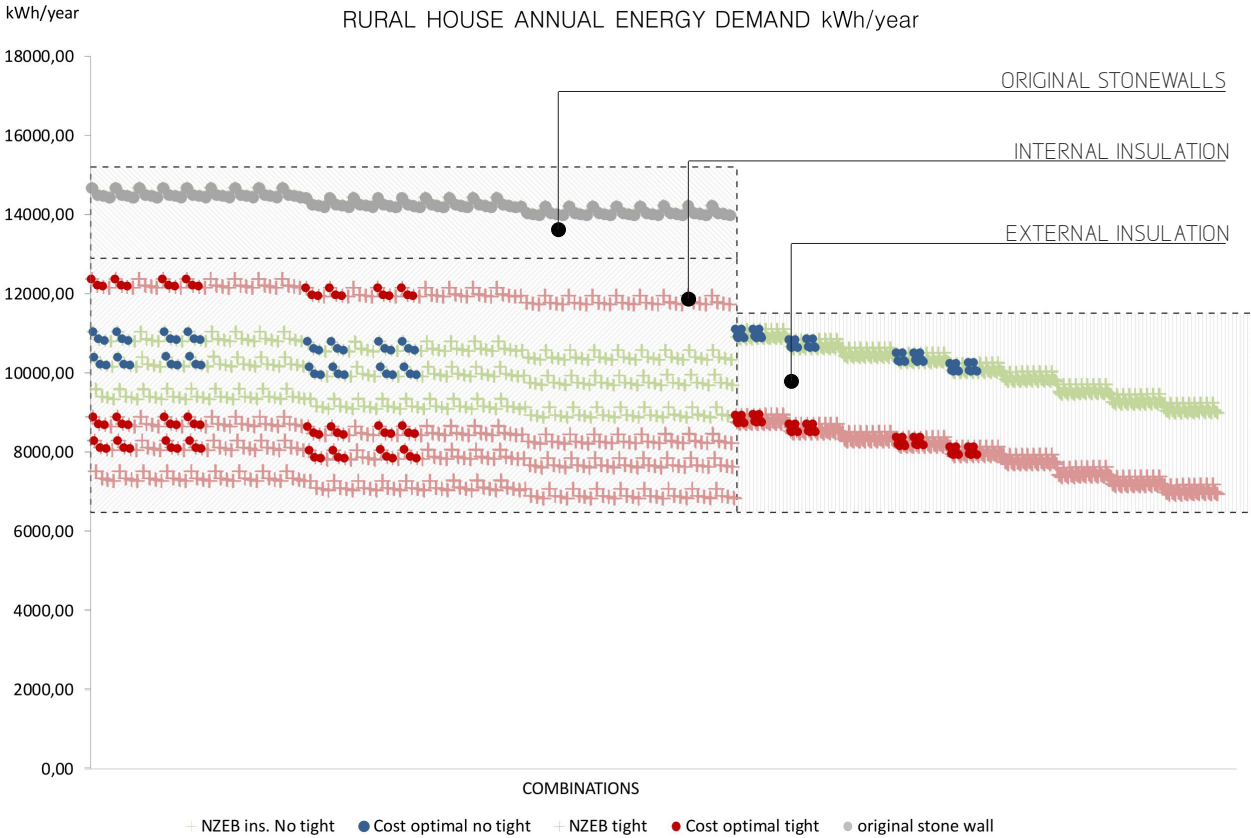
8.4.3.2. Casa Rural

La experimentación presenta una combinación de 6912 simulaciones. Se evitan los escenarios de

intervención en los cuales el suelo, los forjados internos y la cubierta de la envolvente calefactada se dejan sin aislar. Lo mismo ocurre con el acristalamiento simple.

RURAL HOUSE											
			Existing		OIS				EnerPHit		Nº VALUES
			Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	
PARAMETERS	1	Roof	-	-	0,29	0,12	0,225	0,16	0,15	0,25	3
	2	Ext. Wall internal	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	3	ceiling	-	-	0,4	0,08	0,33	0,12	0,15	0,25	3
	4	Ground	-	-	0,4	0,06	0,37	0,08	0,15	0,22	3
	5	Internal Wall	1,69	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	6	Intern. Stonewall	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	Ext. Wall external	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	8	Glazing	-	-	1,4 Double G				0,8	triple G	2
	9	Airtightness	-		4 ac/h				1 ac/h		2
TOTAL COMBINATIONS											6912

Fig. 243. Values of the parameters for Rural house scenario
Los resultados se resumen en el siguiente gráfico:



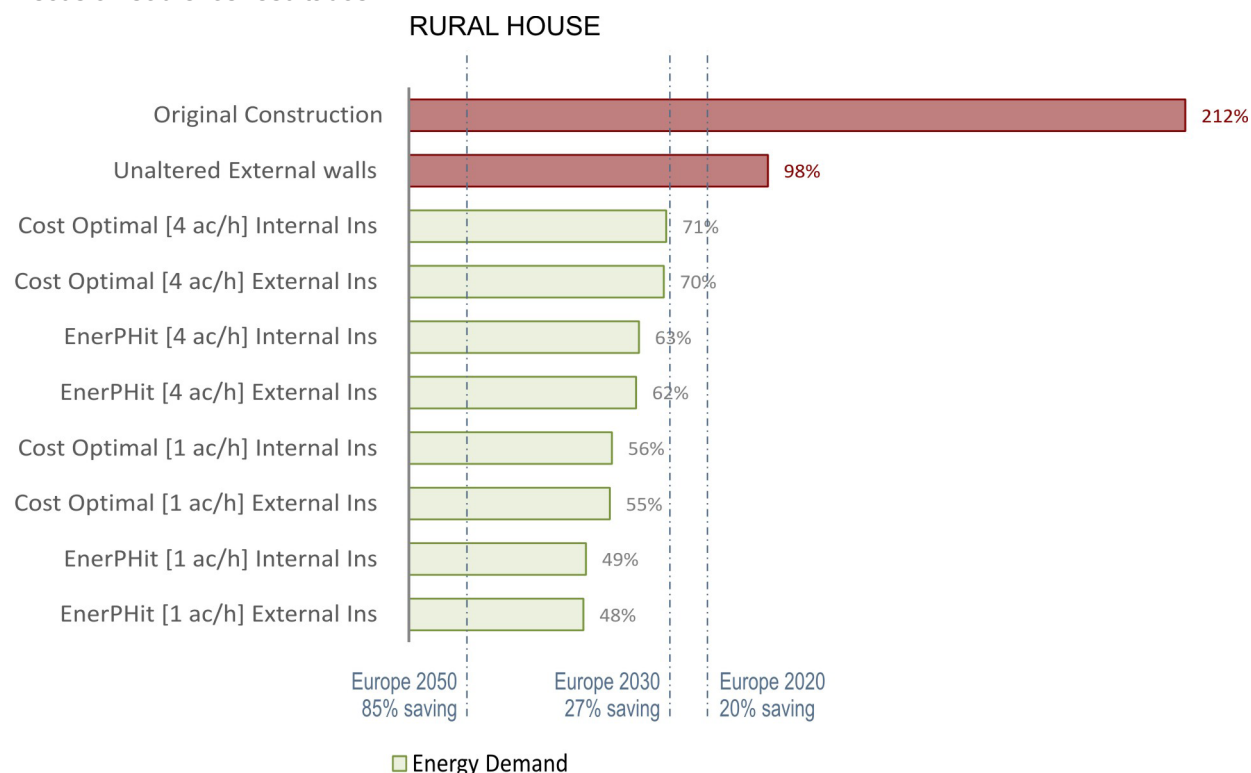


Fig. 245. Energy efficiency in rural house scenario

- **Demanda energética anual.** La demanda general del uso de la casa rural en su estado original es de 30.195 kWh/año. Interviniendo con criterios de Coste Óptimo se disminuye hasta 9.928 kWh/año y con los requerimientos de aislamiento y estanqueidad de EnerPHit hasta 6.804 kWh/año. Éstos respectivamente corresponden a 67% y 77% de ahorro energético respecto a su estado original. Sin embargo, contrastando con el consumo anual del caserío Torre en su estado y uso tradicional, el ahorro es de 30% y 52%, de manera que los dos cumplen el objetivo del marco Europeo para el año 2030 -27% de ahorro-.
- **Muros externos en su estado original.** La intervención que deja los muros de mampostería exteriores vistos por

ambas caras presenta el siguiente comportamiento: con una solución tipo Coste Optimizado en los otros tipos constructivos de la envolvente calefactada se reduce la demanda anual hasta 14.222 kWh/año y con soluciones de aislamiento de EnerPHit –sin mejora de estanqueidad-, hasta 13.974 kWh/año. Un ahorro de entre 47% y 54% respecto a su estado original con el mismo uso, y 2% respecto al uso tradicional, por lo que en este escenario final no cumple el objetivo de 2030, ni de 2020. Así que en escenario de casa rural es necesario aislar la envolvente si el patrimonio lo permite.

- **Rendimiento de Coste Optimizado.** La demanda energética mínima con soluciones de Coste Óptimo es de 9.928 kWh/año que corresponde a una

intervención con aislamiento por el exterior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento interior demanda aprox. 95 kWh/año más que el exterior: 10.022 kWh/año. Como se ha expuesto corresponden a 67% de ahorro respecto al estado original, y 30% respecto a la demanda tradicional y estado original. Por lo que cumple con los objetivos del marco Europeo para el año 2030.

- **Rendimiento de las soluciones EnerPHit.** La demanda energética mínima con soluciones de EnerPHit es de 6.804 kWh/año que corresponde a una intervención con aislamiento por el exterior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento interior de 25 cm más la lámina de estanqueidad demanda 6.901 kWh/año. Como se ha expuesto corresponden a 77% de ahorro respecto al estado original, y 51% - 52% respecto a la demanda tradicional y estado original. Por lo que va más allá de los objetivos del marco Europeo para el año 2030.
- **Espesor de aislamiento VS envolvente estanca.** Esta experimentación cuantifica que los 15 cm de aislamiento de diferencia entre la solución de Coste Óptimo y EnerPHit proporciona una mejora de rendimiento 3% - 4% respecto al de estado original, es decir pasa de 67% a 70% - 71%, mientras la diferencia entre los valores es de 11%. Sin embargo, la reducción de infiltraciones al aire de la envolvente, que permite una mejora de estanqueidad de 4 ren/h a 1 ren/h @50Pa, proporciona una mejora de 7% del rendimiento respecto al de estado original y una diferencia entre los consumos de más de 21%.

En resumen el aumento del aislamiento reduce aprox. 1050 kWh/año y la mejora de estanqueidad aprox. 2100 kWh/año.

- **Aislamiento del suelo.** A partir de 6 cm de aislamiento en el suelo, no se detecta apenas ninguna disminución en el consumo energético.
- **Acristalamiento doble a triple.** La mejora de vidrio en los dos niveles de intervenciones, disminuye aprox. 8 kWh la demanda anual del caserío. Esto se debe a la poca superficie de acristalamiento existente.

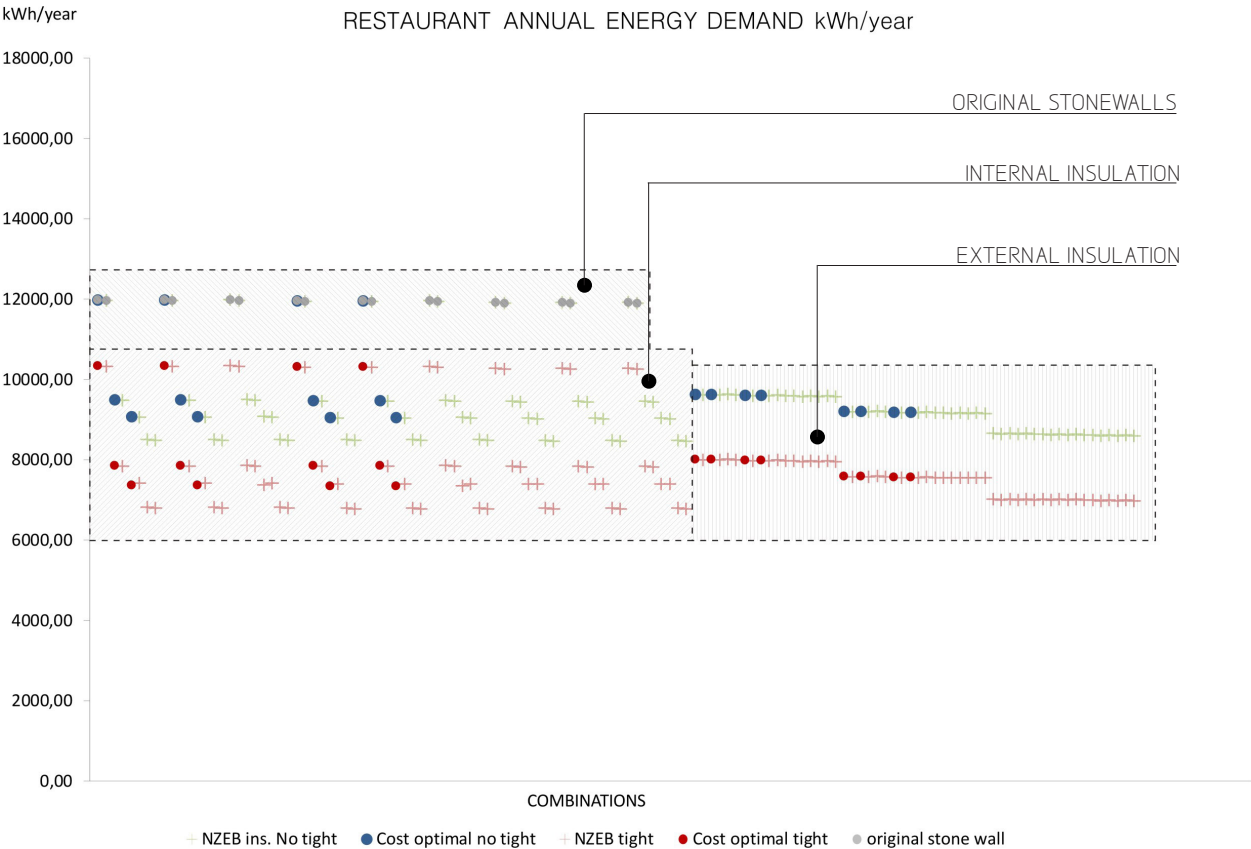
8.4.3.3. Restaurante

La experimentación presenta una combinación de 576 simulaciones. Se evitan los escenarios de

intervención en los cuales el suelo y los forjados internos. Lo mismo ocurre con el acristalamiento simple.

RESTAURANT												
				Existing		OIS				EnerPHit		Nº VALUES
				Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	
PARAMETERS	1	Roof	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	Ext. Wall internal	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4	
	3	ceiling	-	-	0,4	0,08	0,33	0,12	0,15	0,25	3	
	4	Ground	-	-	0,4	0,06	0,37	0,08	0,15	0,22	3	
	5	Internal Wall	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	6	Intern. Stonewall	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	7	Ext. Wall external	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4	
	8	Glazing	-	-	1,4	Double G			0,8	triple G	2	
	9	Airtightness	-		4 ac/h				1 ac/h		2	
TOTAL COMBINATIONS										576		

Fig. 247. Values of the parameter for restaurant scenario
Los resultados se resumen en el siguiente gráfico;



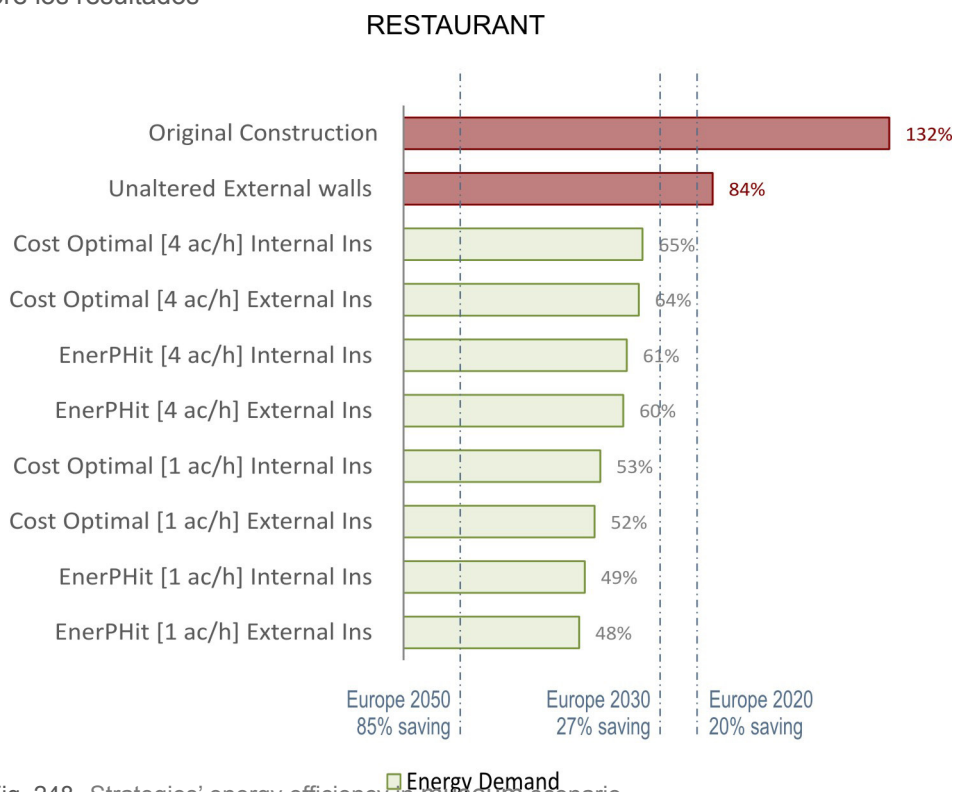


Fig. 248. Strategies' energy efficiency in museum scenario

- **Demanda energética anual.** La demanda general del uso de la escuela de agricultura en su estado original es de 18.723 kWh/año. Interviniendo con criterios de Coste Óptimo se disminuye hasta 9.069 kWh/año y con los requerimientos de aislamiento y estanqueidad de EnerPHit hasta 6.772 kWh/año. Éstos respectivamente corresponden a 52% y 64% de ahorro energético respecto a su estado original. Sin embargo, contrastando con el consumo anual del caserío Torre en su estado y uso tradicional, el ahorro es de 35% y 52%, de manera que los dos cumplen el objetivo del marco Europeo para 2030 -27% de ahorro- y se acercan a los objetivos para 2050.
- **Muros externos en su estado original.** La intervención que deja los muros

de mampostería exteriores vistos por ambas caras presenta el siguiente comportamiento: con una solución tipo Coste Optimizado en los otros tipos constructivos de la envolvente calefactada se reduce la demanda anual hasta 11.976 kWh/año y con soluciones de aislamiento de EnerPHit –sin mejora de estanqueidad-, hasta 11.917 kWh/año. Un ahorro de 36% respecto a su estado original con el mismo uso, y 16% respecto al uso tradicional, por lo que en este escenario final no cumple el objetivo de 2030, ni de 2020. Así que en escenario de casa rural es necesario aislar la envolvente si el patrimonio lo permite.

- **Rendimiento de Coste Optimizado.** La demanda energética mínima con soluciones de Coste Óptimo es de

9.069 kWh/año que corresponde a una intervención con aislamiento por el exterior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento interior demanda aprox. 140 kWh/año más que el exterior: 9.211 kWh/año. Como se ha expuesto corresponden a 52% de ahorro respecto al estado original, y 35% respecto a la demanda tradicional y estado original. Por lo que cumple con los objetivos del marco Europeo para 2030. ²

- **Rendimiento de las soluciones EnerPHit.** La demanda energética mínima con soluciones de EnerPHit es de 6.772 kWh/año que corresponde a una intervención con aislamiento por el exterior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento interior de 25 cm más la lámina de estanqueidad demanda 6.988 kWh/año. Como se ha expuesto corresponden a 64% de ahorro respecto al estado original, y 51% - 52% respecto a la demanda tradicional y estado original. Por lo que va más allá de los objetivos del marco Europeo para 2030.
- **Espesor de aislamiento VS envolvente estanca.** Esta experimentación cuantifica que los 15 cm de aislamiento de diferencia entre la solución de Coste Óptimo y EnerPHit proporciona una mejora de rendimiento 3% respecto al de estado original, es decir pasa de 52% a 55%, mientras la diferencia entre los valores es de 7%. Sin embargo, la reducción de infiltraciones al aire de la envolvente, que permite una mejora de estanqueidad de 4 ren/h a 1 ren/h @50Pa, proporciona una mejora de 9% del rendimiento respecto al de estado original y una diferencia entre los

consumos de más de 18%.

En resumen el aumento del aislamiento reduce aprox. 600 kWh/año y la mejora de estanqueidad aprox. 1600-1700 kWh/año.

- **Aislamiento del suelo.** A partir de 6 cm de aislamiento en el suelo, no se detecta apenas ninguna disminución en el consumo energético.
- **Acristalamiento doble a triple.** La mejora de vidrio en los dos niveles de intervenciones, disminuye aprox. 20 kWh la demanda anual del caserío. Esto se debe a la poca superficie de acristalamiento existente.

8.4.3.4. Explotación agrícola

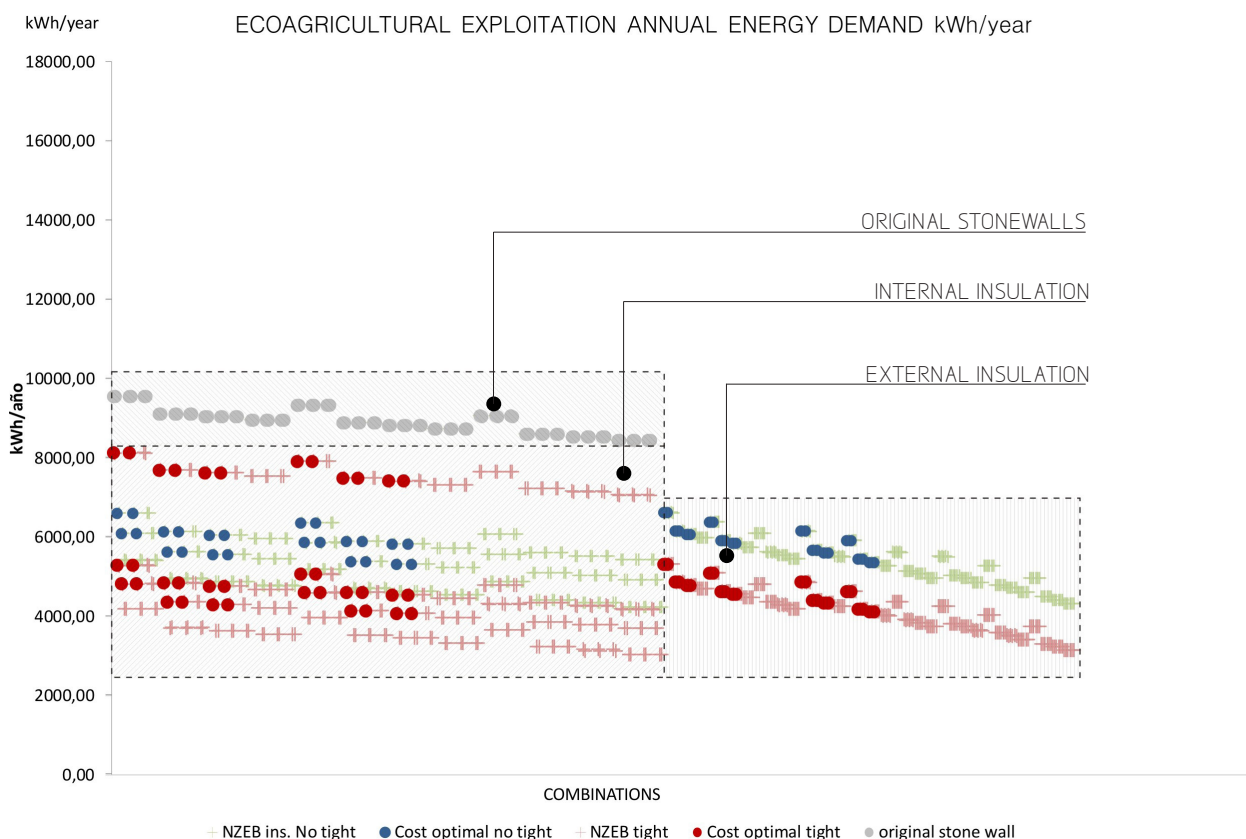
La experimentación presenta una combinación de 2304 simulaciones. Se evitan los escenarios de

intervención en los cuales el suelo y los forjados internos. Lo mismo ocurre con el acristalamiento simple.

ECOAGRICULTURAL EXPLOITATION											
			Existing		OIS				EnerPHit		N° VALUES
			Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	
PARAMETERS	1	Roof	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	Ext. Wall internal	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	3	ceiling	-	-	0,4	0,08	0,33	0,12	0,15	0,25	3
	4	Ground	-	-	0,4	0,06	0,37	0,08	0,15	0,22	3
	5	Internal Wall	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	Intern. Stonewall	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	7	Ext. Wall external	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	8	Glazing	-	-	1,4 Double G				0,8	triple G	2
	9	Airtightness	-		4 ac/h				1 ac/h		2
TOTAL COMBINATIONS										2304	

Fig. 249. Values of the parameter for ecoagricultural exploitation scenario

Los resultados se resumen en el siguiente gráfico



ECOAGRICULTURAL EXPLOITATION

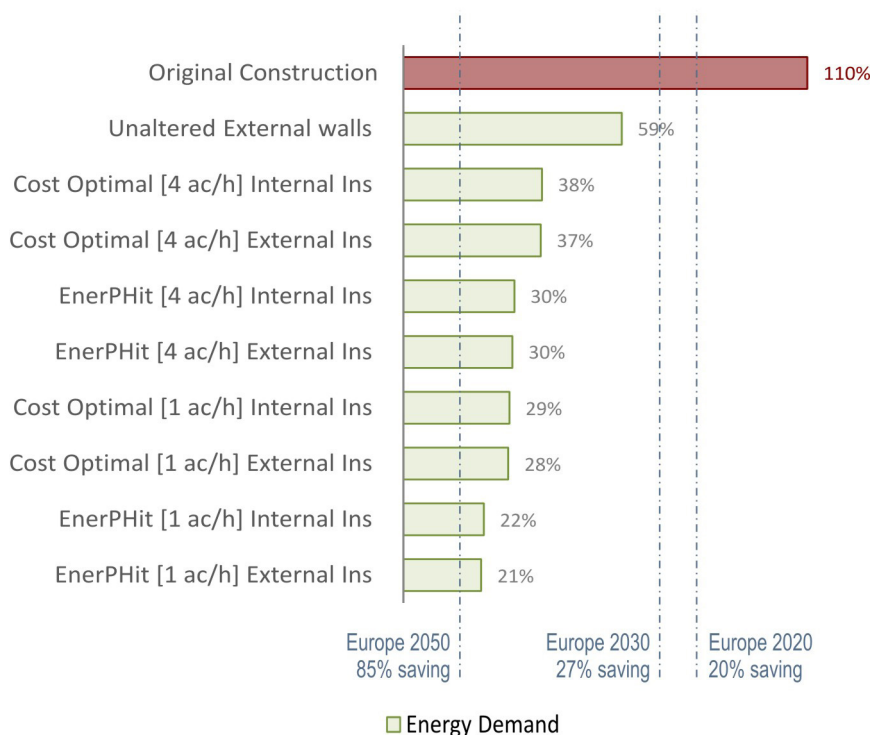


Fig. 251. Strategies' energy efficiency in ecoagricultural exploitation scenario

- Demanda energética anual.** La demanda general del uso de la escuela de agricultura en su estado original es de 15.570 kWh/año. Interviniendo con criterios de Coste Óptimo se disminuye hasta 5.296 kWh/año y con los requerimientos de aislamiento y estanqueidad de EnerPHit hasta 3000 kWh/año. Éstos respectivamente corresponden a 66% y 81% de ahorro energético respecto a su estado original. Sin embargo, contrastando con el consumo anual del caserío Torre en su estado y uso tradicional, el ahorro es de 63% y 79%, de manera que los dos cumplen el objetivo del marco Europeo para el año 2030 -27% de ahorro- y a través de la solución de EnerPHit se acerca muy considerablemente a los objetivos para 2050.
- Muros externos en su estado original.** La intervención que deja los muros de mampostería exteriores vistos por ambas caras presenta el siguiente comportamiento: con una solución tipo Coste Optimizado en los otros tipos constructivos de la envolvente calefactada se reduce la demanda anual hasta 8.800 kWh/año y con soluciones de aislamiento de EnerPHit –sin mejora de estanqueidad-, hasta 8.420 kWh/año. Un ahorro de 43% - 46% respecto a su estado original con el mismo uso, y 41% respecto al uso tradicional, por lo que se cumple el objetivo de 2030. Así que en el escenario de explotación agrícola no es necesario aislar la envolvente de mampostería para llegar a los objetivos de 2030.

- **Rendimiento de Coste Optimizado.** La demanda energética mínima con soluciones de Coste Óptimo es de 5.296 kWh/año que corresponde esta vez a una intervención con aislamiento por el interior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento exterior demanda aprox. 50 kWh/año más que el exterior: 5.344 kWh/año. Como se ha expuesto corresponden a 66% de ahorro respecto al estado original, y 63% respecto a la demanda tradicional y estado original. Por lo que cumple con los objetivos del marco Europeo para el año 2030.
- **Rendimiento de las soluciones EnerPHit.** La demanda energética mínima con soluciones de EnerPHit es de 3.852 kWh/año que corresponde a una intervención con aislamiento por el exterior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento interior de 25 cm más la lámina de estanqueidad demanda 3.910 kWh/año. Como se ha expuesto corresponden a 72% - 73% de ahorro respecto al estado original. Por lo que va más allá de los objetivos del marco Europeo para el año 2030, y se acerca a los objetivos de 2050.
- **Espesor de aislamiento VS envolvente estanca.** Esta experimentación cuantifica que los 15 cm de aislamiento de diferencia entre la solución de Coste Óptimo y EnerPHit proporciona una mejora de rendimiento 6% - 7% respecto al de estado original, es decir pasa de 66% a 72% - 73%, mientras la diferencia entre los valores es de 20% - 21%. Sin embargo, la reducción de infiltraciones al aire de la envolvente, que permite una mejora de estanqueidad de 4 ren/h a 1 ren/h @50Pa, proporciona una mejora

de 8% del rendimiento respecto al de estado original y una diferencia entre los consumos de más de 23%.

En resumen el aumento del aislamiento reduce aprox. 1080 kWh/año y la mejora de estanqueidad aprox. 1300 kWh/año.

- **Aislamiento del suelo.** A partir de 6 cm de aislamiento en el suelo, no se detecta apenas ninguna disminución en el consumo energético.
- **Acristalamiento doble a triple.** La mejora de vidrio en los dos niveles de intervenciones, disminuye aprox. 5 kWh la demanda anual del caserío. Esto se debe a la poca superficie de acristalamiento existente.

8.4.3.5. Uso tradicional

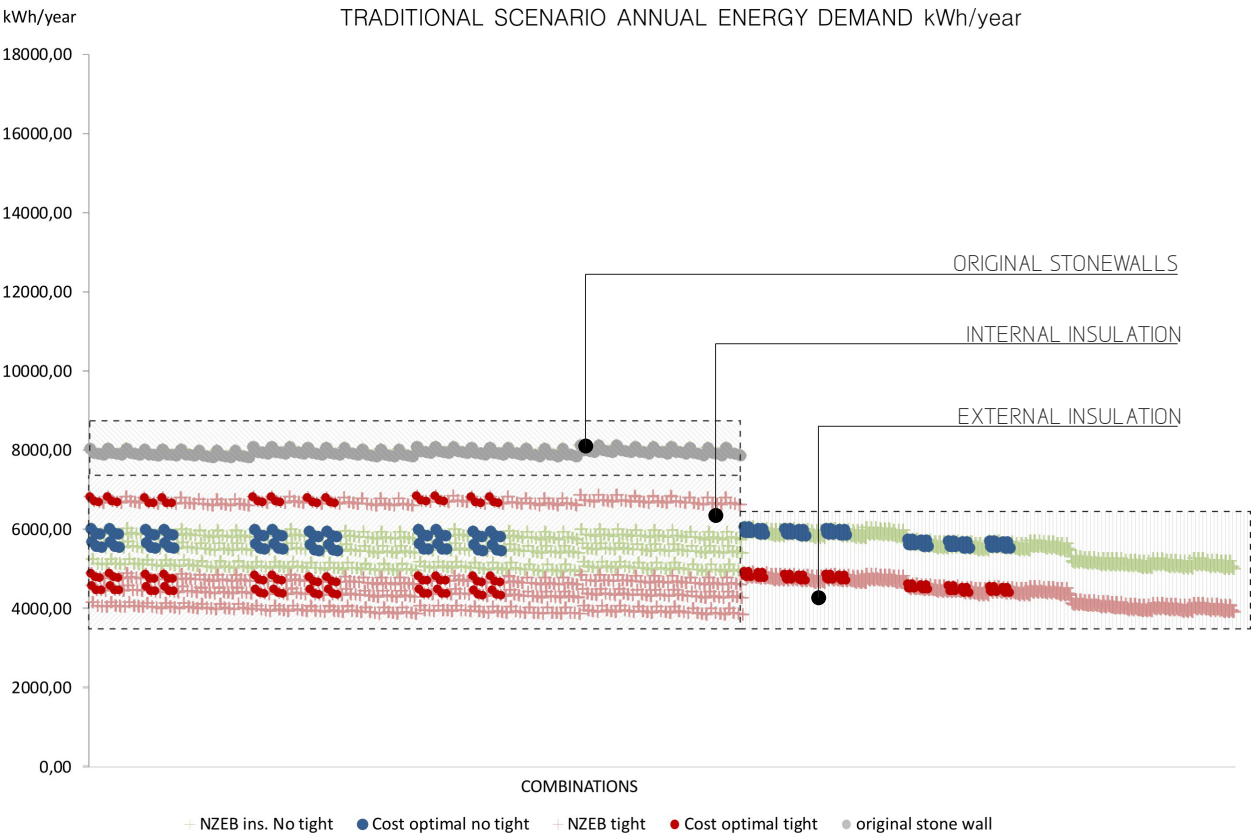
La experimentación presenta una combinación de 9216 simulaciones. Se evitan los escenarios de

intervención en los cuales el suelo, los forjados internos y la cubierta de la envolvente calefactada se dejan sin aislar. Lo mismo ocurre con el acristalamiento simple.

TRADITIONAL USE											
			Existing		OIS				EnerPHit		Nº VALUES
			Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	
PARAMETERS	1	Roof	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	Ext. Wall internal	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	3	ceiling	-	-	0,4	0,08	0,33	0,12	0,15	0,25	3
	4	Ground	-	-	0,4	0,06	0,37	0,08	0,15	0,22	3
	5	Internal Wall	1,69	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	6	Intern. Stonewall	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	7	Ext. Wall external	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	8	Glazing	-	-	1,4 Double G				0,8	triple G	2
	9	Airtightness	-	4 ac/h				1 ac/h		2	
TOTAL COMBINATIONS										9216	

Fig. 253. Values of the parameter for traditional scenario

Los resultados se resumen en el siguiente gráfico



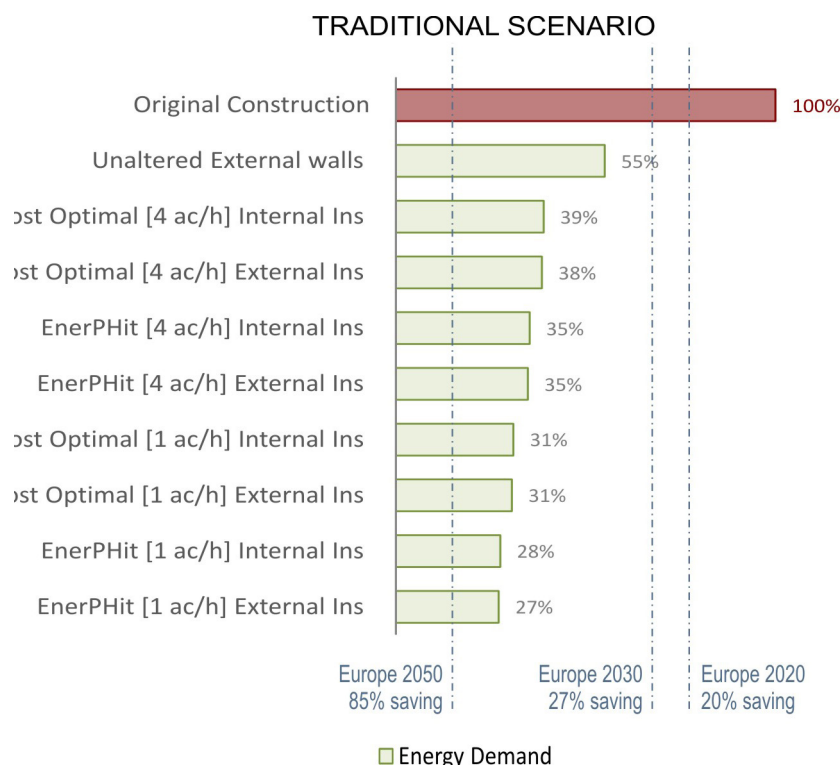


Fig. 254. Energy efficiency in traditional scenario

- **Demanda energética anual.** La demanda general del uso tradicional en su estado original es de 14.211 kWh/año. Interviniendo con criterios de Coste Óptimo se disminuye hasta 5.469 kWh/año y con los requerimientos de aislamiento y estanqueidad de EnerPHit hasta 3.852 kWh/año. Éstos respectivamente corresponden a 62% y 73% de ahorro energético respecto a su estado original. De manera que los dos cumplen el objetivo del marco Europeo para el año 2030 -27% de ahorro- y se acercan a los objetivos para 2050 -85% de ahorro-.
- **Muros externos en su estado original.** La intervención que deja los muros de mampostería exteriores vistos por ambas caras presenta el siguiente

comportamiento: con una solución tipo Coste Optimizado en los otros tipos constructivos de la envolvente calefactada se reduce la demanda anual hasta 7.901 kWh/año y con soluciones de aislamiento de EnerPHit –sin mejora de estanqueidad-, hasta 7.821 kWh/año. Un ahorro de entre 44% - 45% respecto a su estado original, por lo que se cumplen los objetivos de 2020 y 2030. Así que en el escenario tradicional para adaptarse a los requerimientos de las Directivas Europeas, no se requiere aislar los muros externos siempre y cuando se mejoren las infiltraciones al aire de la envolvente hasta conseguir una estanqueidad de 4 ren/h @50Pa.

- **Rendimiento de Coste Optimizado.** La demanda energética mínima con

soluciones de Coste Óptimo es de 5.469 kWh/año que corresponde a una intervención con aislamiento por el exterior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento interior demanda aprox. 65 kWh/año más que el exterior: 5.535 kWh/año. Como se ha expuesto corresponden a 61% - 62% de ahorro respecto al estado original, Por lo que va más allá de los objetivos del marco Europeo para el año 2030.

- **Rendimiento de las soluciones EnerPHit.** La demanda energética mínima con soluciones de EnerPHit es de 3.852 kWh/año que corresponde a una intervención con aislamiento por el exterior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento interior de 25 cm más la lámina de estanqueidad demanda 3.910 kWh/año. Como se ha expuesto corresponden a 72% - 73% de ahorro respecto al estado original. Por lo que va más allá de los objetivos del marco Europeo para el año 2030, y se acerca de forma considerable a los objetivos de 2050.
- **Espesor de aislamiento VS envolvente estanca.** Esta experimentación cuantifica que los 15 cm de aislamiento de diferencia entre la solución de Coste Óptimo y EnerPHit proporciona una mejora de rendimiento 3% - 4% respecto al de estado original, es decir pasa de 61% - 62% a 65%, mientras la diferencia entre los valores es de 9%. Sin embargo, la reducción de infiltraciones al aire de la envolvente, que permite una mejora de estanqueidad de 4 ren/h a 1 ren/h @50Pa, proporciona una mejora de 8% del rendimiento respecto al de estado original y una diferencia entre los consumos de más de 21%.

En resumen el aumento del aislamiento reduce aprox. 500 kWh/año y la mejora de estanqueidad aprox. 1130 kWh/año.

- **Aislamiento muro cortafuegos.** En el escenario tradicional la demanda energética sube si se incorpora aislamiento al muro cortafuego. Esto es debido a que las ganancias pasivas internas proporcionadas por el ganado superan la cantidad de energía impedida por el aislamiento. El muro cortafuegos almacena y distribuye de forma uniforme esta energía.
- **Aislamiento del suelo.** A partir de 6 cm de aislamiento en el suelo, no se detecta apenas ninguna disminución en el consumo energético.
- **Acristalamiento doble a triple.** La mejora de vidrio en los dos niveles de intervenciones, disminuye aprox 4 kWh la demanda anual del caserío. Esto se debe a la poca superficie de acristalamiento existente.

8.4.3.6. Uso residencial

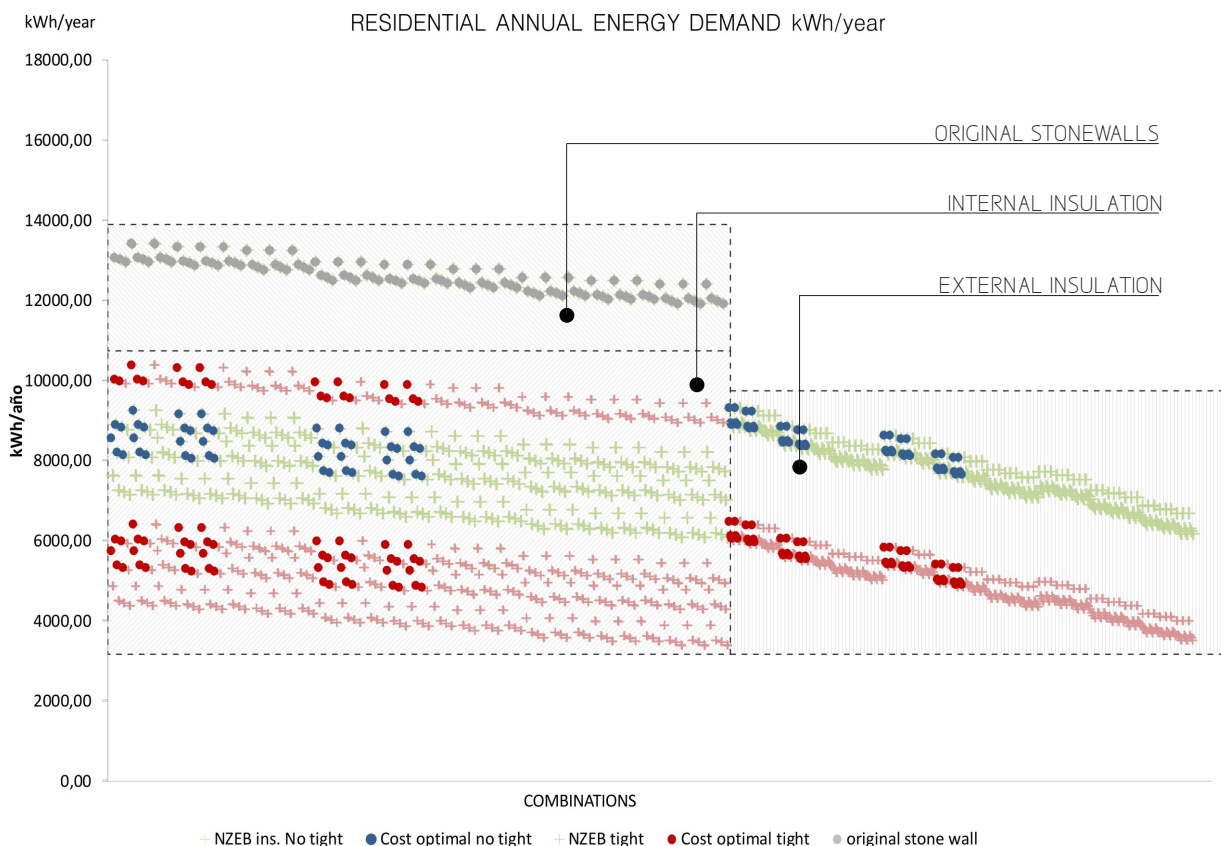
La experimentación presenta una combinación de 6912 simulaciones. Se evitan los escenarios de

intervención en los cuales el suelo, los forjados internos y la cubierta de la envolvente calefactada se dejan sin aislar. Lo mismo ocurre con el acristalamiento simple.

RESIDENTIAL											
			Existing		OIS				EnerPHit		N° VALUES
			Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	
PARAMETERS	1	Roof	-	-	0,29	0,12	0,225	0,16	0,15	0,25	3
	2	Ext. Wall internal	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	3	ceiling	-	-	0,4	0,08	0,33	0,12	0,15	0,25	3
	4	Ground	-	-	0,4	0,06	0,37	0,08	0,15	0,22	3
	5	Internal Wall	1,69	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	6	Intern. Stonewall	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	Ext. Wall external	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	8	Glazing	-	-	1,4	Double G			0,8	triple G	2
	9	Airtightness	-		4 ac/h				1 ac/h		2
TOTAL COMBINATIONS										6912	

Fig. 255. Values of the parameter for residential scenario

Los resultados se resumen en el siguiente gráfico



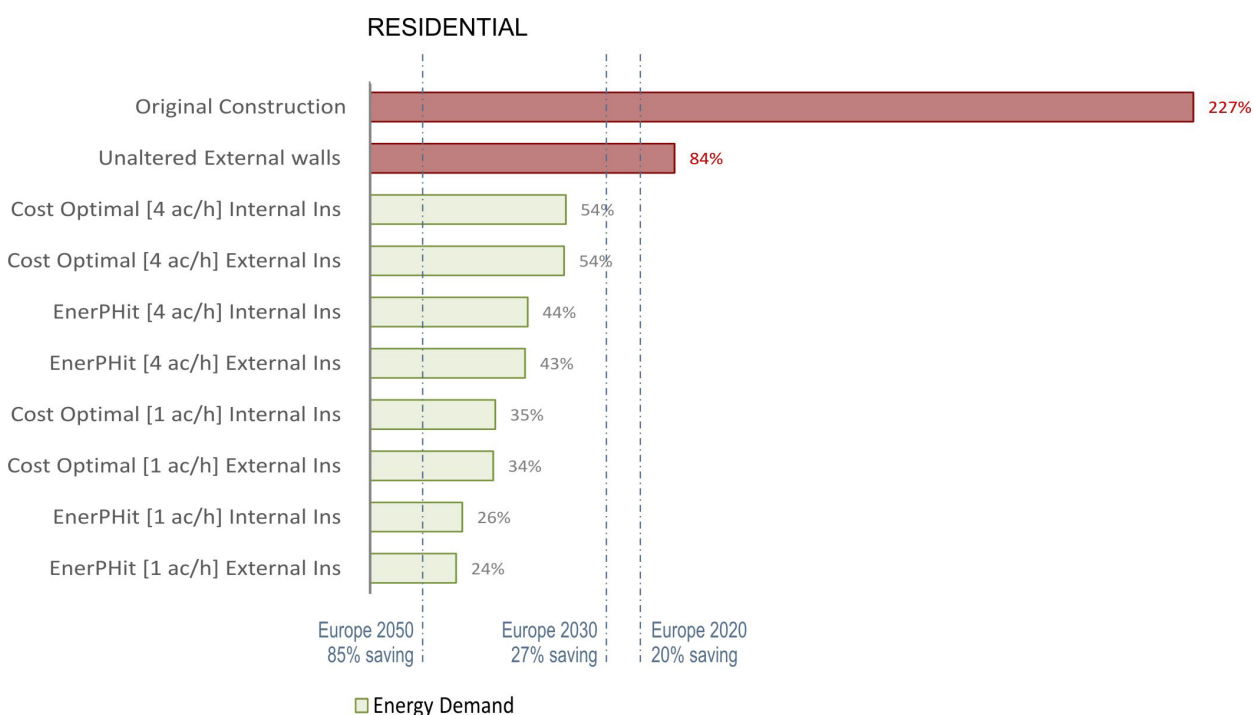


Fig. 257. Energy efficiency in residential scenario

- **Demanda energética anual.** La demanda general del uso residencial en su estado original es de 32.245 kWh/año. Interviniendo con criterios de Coste Óptimo se disminuye hasta 7.615 kWh/año y con los requerimientos de aislamiento y estanqueidad de EnerPHit hasta 3.388 kWh/año. Éstos respectivamente corresponden a 76% y 89% de ahorro energético respecto a su estado original. Sin embargo, contrastando con el consumo anual del caserío Torre en su estado y uso tradicional, el ahorro es de 46% y 76%, de manera que los dos cumplen el objetivo del marco Europeo para el año 2030 -27% de ahorro-.
- **Muros externos en su estado original.** La intervención que deja los muros de mampostería exteriores vistos por

ambas caras presenta el siguiente comportamiento: con una solución tipo Coste Optimizado en los otros tipos constructivos de la envolvente calefactada se reduce la demanda anual hasta 12.510 kWh/año y con soluciones de aislamiento de EnerPHit –sin mejora de estanqueidad-, hasta 11.939 kWh/año. Un ahorro de entre 61% y 63% respecto a su estado original con el mismo uso, y 16% respecto al uso tradicional, por lo que en este escenario final no cumple el objetivo de 2030, ni de 2020. Así que en escenario de casa rural es necesario aislar la envolvente si el patrimonio lo permite.

- **Rendimiento de Coste Optimizado.** La demanda energética mínima con soluciones de Coste Óptimo es de 7.615 kWh/año que corresponde a una

intervención con aislamiento por el exterior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento interior demanda aprox. 65 kWh/año más que el exterior: 7.681 kWh/año. Como se ha expuesto corresponden a 76% de ahorro respecto al estado original, y 46 % respecto a la demanda tradicional y estado original. Por lo que va más allá de los objetivos de las Directivas.

- **Rendimiento de las soluciones EnerPHit.** La demanda energética mínima con soluciones de EnerPHit es de 3.388 kWh/año que corresponde a una intervención con aislamiento por el exterior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento interior de 25 cm más la lámina de estanqueidad demanda 3.625 kWh/año. Como se ha expuesto corresponden a 89% de ahorro respecto al estado original, y 74% -76% respecto a la demanda tradicional y estado original. Por lo que va más allá de los objetivos del marco Europeo para el año 2030, y se acerca a los objetivos de 2050.
- **Espesor de aislamiento VS envolvente estanca.** Esta experimentación cuantifica que los 15 cm de aislamiento de diferencia entre la solución de Coste Óptimo y EnerPHit proporciona una mejora de rendimiento 5% respecto al de estado original, es decir pasa de 76% a 81%, mientras la diferencia entre los valores es de 20%. Sin embargo, la reducción de infiltraciones al aire de la envolvente, que permite una mejora de estanqueidad de 4 ren/h a 1 ren/h @50Pa, proporciona una mejora de 9% del rendimiento respecto al de estado original y una diferencia entre los consumos de más de 35%.

En resumen el aumento del aislamiento reduce aprox. 1500 kWh/año y la mejora de estanqueidad aprox. 2770 kWh/año.

- **Aislamiento del suelo.** A partir de 6 cm de aislamiento en el suelo, no se detecta apenas ninguna disminución en el consumo energético.
- **Acristalamiento doble a triple.** La mejora de vidrio en los dos niveles de intervenciones, disminuye entre 4 y 5 kWh la demanda anual del caserío. Esto se debe a la poca superficie de acristalamiento existente.

8.4.3.7. Escuela de Agricultura

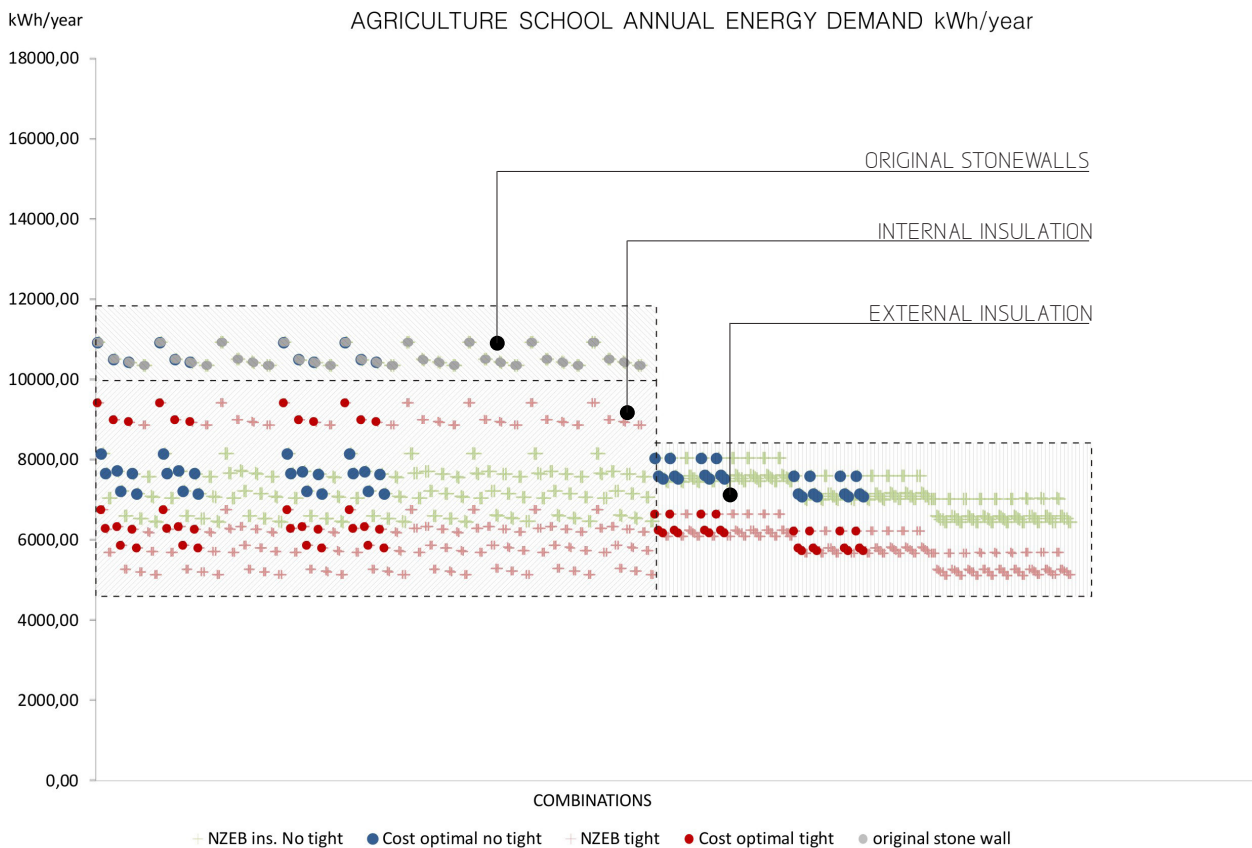
La experimentación presenta una combinación de 2304 simulaciones. Se evitan los escenarios de

intervención en los cuales el suelo y los forjados internos. Lo mismo ocurre con el acristalamiento simple.

AGRICULTURE SCHOOL												
			Existing		OIS				EnerPHit		Nº VALUES	
			Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.		
PARAMETERS	1	Roof	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	Ext. Wall internal	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4	
	3	ceiling	-	-	0,4	0,08	0,33	0,12	0,15	0,25	3	
	4	Ground	-	-	0,4	0,06	0,37	0,08	0,15	0,22	3	
	5	Internal Wall	1,69	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4	
	6	Intern. Stonewall	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	7	Ext. Wall external	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4	
	8	Glazing	-	-	1,4 Double G				0,8	triple G		2
	9	Airtightness	-		4 ac/h				1 ac/h		2	
TOTAL COMBINATIONS								2304				

Fig. 259. Values of the parameter for agriculture school scenario

Los resultados se resumen en el siguiente gráfico



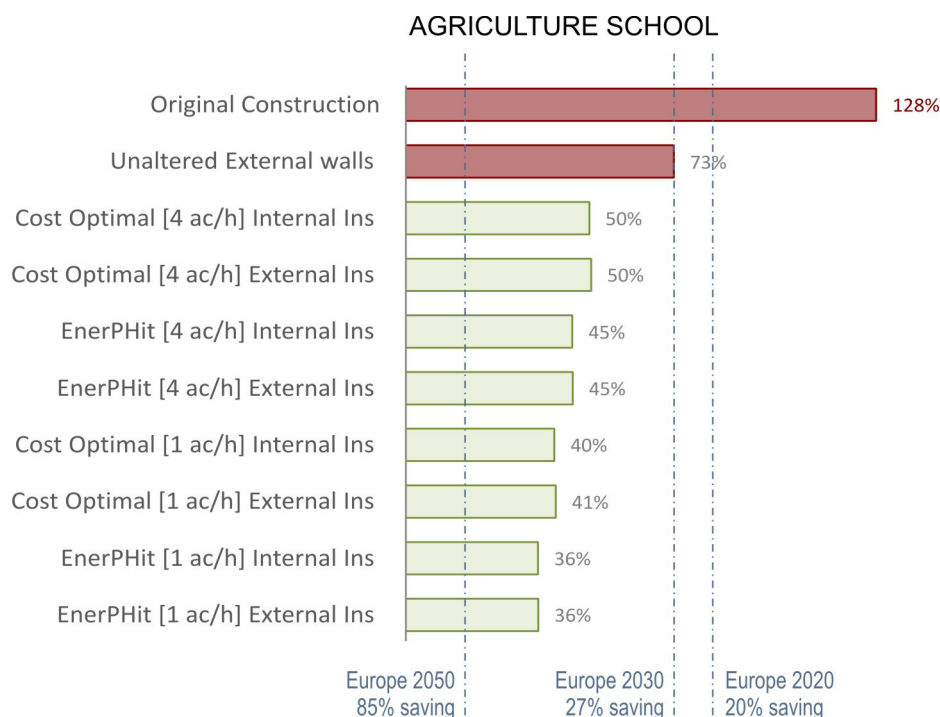


Fig. 260. Energy efficiency in agriculture school scenario

- **Demanda energética anual.** La demanda general del uso de la escuela de agricultura en su estado original es de 18.154 kWh/año. Interviniendo con criterios de Coste Óptimo se disminuye hasta 6.438 kWh/año y con los requerimientos de aislamiento y estanqueidad de EnerPHit hasta 5.115 kWh/año. Éstos respectivamente corresponden a 61% y 72% de ahorro energético respecto a su estado original. Sin embargo, contrastando con el consumo anual del caserío Torre en su estado y uso tradicional, el ahorro es de 50% y 64%, de manera que los dos cumplen el objetivo del marco Europeo para el año 2030 -27% de ahorro- y se acercan a los objetivos para 2050.
- **Muros externos en su estado original.** La intervención que deja los muros

de mampostería exteriores vistos por ambas caras presenta el siguiente comportamiento: con una solución tipo Coste Optimizado en los otros tipos constructivos de la envolvente calefactada se reduce la demanda anual hasta 10.435 kWh/año y con soluciones de aislamiento de EnerPHit –sin mejora de estanqueidad-, hasta 10.355 kWh/año. Un ahorro de 43% respecto a su estado original con el mismo uso, y 27% respecto al uso tradicional, por lo que en este escenario final cumple el objetivo de 2030. Así que en escenario de escuela de agricultura no es necesario aislar la envolvente de mampostería para llegar a los objetivos de 2030.

- **Rendimiento de Coste Optimizado.** La demanda energética mínima con soluciones de Coste Óptimo es de 7.097

kWh/año que corresponde esta vez a una intervención con aislamiento por el interior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento exterior demanda aprox. 70 kWh/año más que el interior: 7.164 kWh/año. Como se ha expuesto corresponden a 61% de ahorro respecto al estado original, y 50% respecto a la demanda tradicional y estado original. Por lo que cumple con los objetivos del marco Europeo para 2030.

Rendimiento de las soluciones EnerPHit.

La demanda energética mínima con soluciones de EnerPHit es de aprox. 5.115 kWh/año que corresponde a los dos tipos de intervenciones. Tanto al aislamiento por el interior que por el exterior. Como se ha expuesto corresponden a 72% de ahorro respecto al estado original, y 64% respecto a la demanda tradicional y estado original. Por lo que va más allá de los objetivos del marco Europeo para 2030.

Espesor de aislamiento VS envolvente estanca. Esta experimentación cuantifica que los 15 cm de aislamiento de diferencia entre la solución de Coste Óptimo y EnerPHit proporciona una mejora de rendimiento 3% - 4% respecto al de estado original, es decir pasa de 61% a 64% - 65%, mientras la diferencia entre los valores es de 9% - 10%. Sin embargo, la reducción de infiltraciones al aire de la envolvente, que permite una mejora de estanqueidad de 4 ren/h a 1 ren/h @50Pa, proporciona una mejora de 7% del rendimiento respecto al de estado original y una diferencia entre los consumos de más de 21%.

En resumen el aumento del aislamiento reduce aprox. 650 kWh/año y la mejora de estanqueidad aprox. 1350 kWh/año.

- **Aislamiento del suelo.** A partir de 6 cm de aislamiento en el suelo, no se detecta apenas ninguna disminución en el consumo energético.
- **Acristalamiento doble a triple.** La mejora de vidrio en los dos niveles de intervenciones, disminuye aprox. 5 kWh la demanda anual del caserío. Esto se debe a la poca superficie de acristalamiento existente.

8.4.3.8. Museo

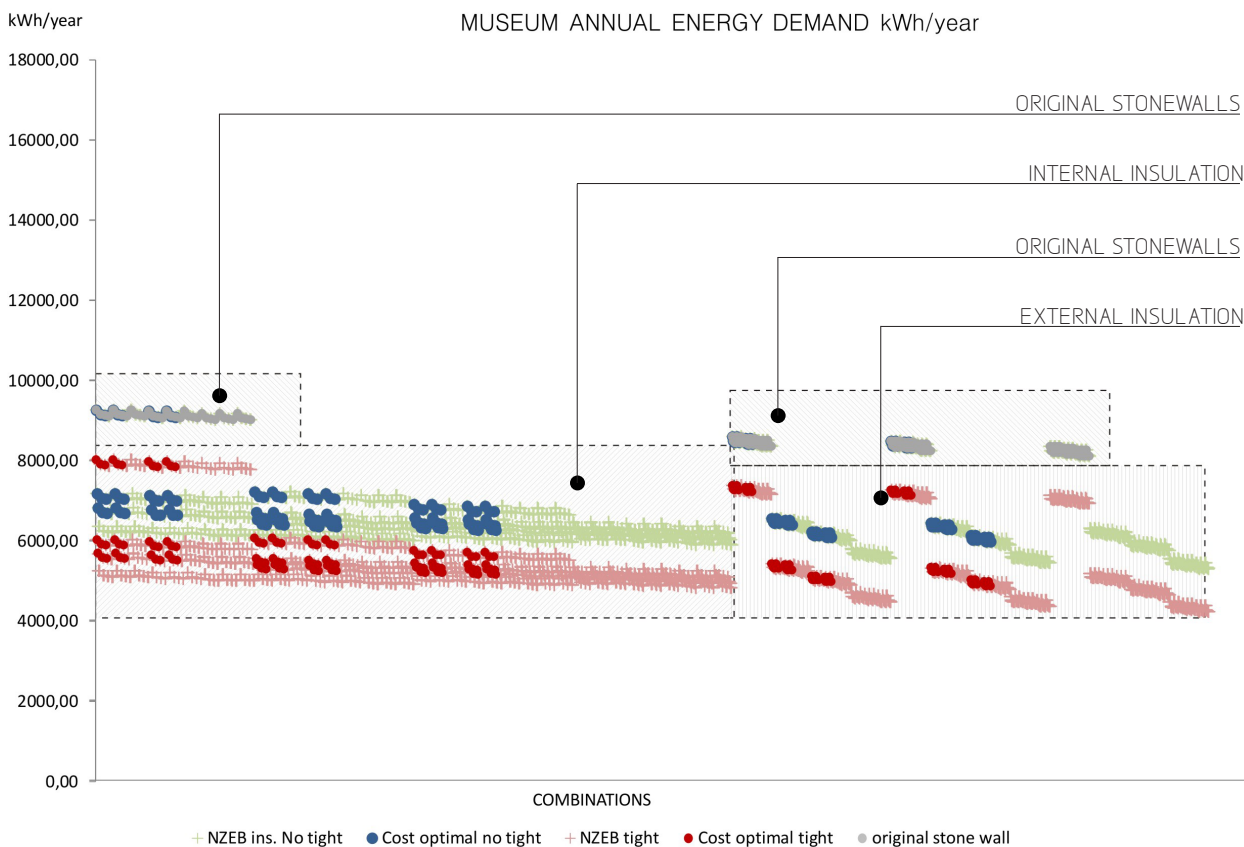
intervención en los cuales el suelo y los forjados internos. Lo mismo ocurre con el acristalamiento simple.

El experimento presenta una combinación de 9216 simulaciones. Se evitan los escenarios de

MUSEUM											
			Existing		OIS				EnerPHit		Nº VALUES
			Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	Val	Thick.	
PARAMETERS	1	Roof	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	Ext. Wall internal	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	3	ceiling	-	-	0,4	0,08	0,33	0,12	0,15	0,25	3
	4	Ground	-	-	0,4	0,06	0,37	0,08	0,15	0,22	3
	5	Internal Wall	1,69	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	6	Intern. Stonewall	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	7	Ext. Wall external	1,73	0	0,39	0,08	0,28	0,12	0,15	0,25	4
	8	Glazing	-	-	1,4	Double G			0,8	triple G	2
	9	Airtightness	-		4 ac/h				1 ac/h		2
TOTAL COMBINATIONS											9216

Fig. 261. Values of the parameter for museum scenario

Los resultados se resumen en el siguiente gráfico



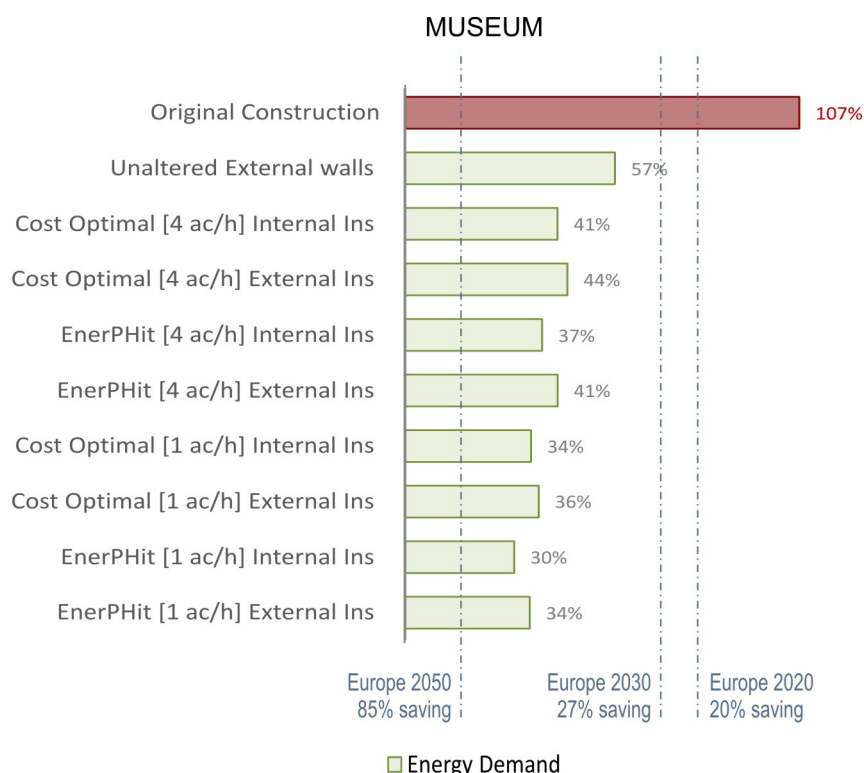


Fig. 263. Energy efficiency in museum scenario

- **Demanda energética anual.** La demanda general del escenario de uso del museo en su estado original es de 15.193 kWh/año. Interviniendo con criterios de Coste Óptimo se disminuye hasta 5.871 kWh/año y con los requerimientos de aislamiento y estanqueidad de EnerPHit hasta 4.201 kWh/año. Éstos respectivamente corresponden a 61% y 72% de ahorro energético respecto a su estado original. Sin embargo, contrastando con el consumo anual del caserío Torre en su estado y uso tradicional, el ahorro es de 59% y 70%, de manera que los dos cumplen el objetivo del marco Europeo para 2030 -27% de ahorro- y se acercan a los objetivos para 2050.

- **Muros externos en su estado original.**

La intervención que deja los muros de mampostería exteriores vistos por ambas caras presenta el siguiente comportamiento: con una solución tipo Coste Optimizado en los otros tipos constructivos de la envolvente calefactada se reduce la demanda anual hasta 8.300 kWh/año y con soluciones de aislamiento de EnerPHit –sin mejora de estanqueidad-, hasta 8.089 kWh/año. Un ahorro de entre 45% y 47% respecto a su estado original con el mismo uso, y 43% respecto al uso tradicional, por lo que cumple el objetivo de 2030. De manera que se considera que en escenario de museo no es necesario aislar la envolvente de mampostería para llegar a los objetivos de 2030.

- **Rendimiento de Coste Optimizado.**

La demanda energética mínima con soluciones de Coste Óptimo es de 5.871 kWh/año que corresponde esta vez a una intervención con aislamiento por el interior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento exterior demanda aprox. 280 kWh/año más que el interior: 6.251 kWh/año. Como se ha expuesto corresponden a 59%-61% de ahorro respecto al estado original, y 59% respecto a la demanda tradicional y estado original. Por lo que cumple con los objetivos del marco Europeo para 2030.

- **Rendimiento de las soluciones EnerPHit.** La demanda energética mínima con soluciones de EnerPHit es de 4.201 kWh/año que corresponde a una intervención con aislamiento por el interior del mampuesto. Sin embargo, el caserío con el aislamiento exterior con un nivel de estanqueidad de 1 ren/h @50Pa, demanda 44.804 kWh/año. Corresponden a 68% - 72% de ahorro respecto al estado original. Por lo que va más allá de los objetivos del marco Europeo para 2030, y se acerca de forma considerable a los objetivos de 2050.
- **Espesor de aislamiento VS envolvente estanca.** Esta experimentación cuantifica que los 15 cm de aislamiento de diferencia entre la solución de Coste Óptimo y EnerPHit proporciona una mejora de rendimiento 2% - 4% respecto al de estado original, es decir pasa de 59% - 61% a 61% - 65%, mientras la diferencia entre los valores es de 6% - 10%. Sin embargo, la reducción de infiltraciones al aire de la envolvente, que permite una mejora de estanqueidad de 4 ren/h a 1 ren/h @50Pa, proporciona una mejora de 7% del rendimiento respecto

al de estado original y una diferencia entre los consumos de más de 18%.

En resumen el aumento del aislamiento reduce aprox. 400-600 kWh/año y la mejora de estanqueidad aprox. 1350 kWh/año.

- **Aislamiento del suelo.** A partir de 6 cm de aislamiento en el suelo, no se detecta apenas ninguna disminución en el consumo energético.
- **Acristalamiento doble a triple.** La mejora de vidrio en los dos niveles de intervenciones, disminuye aprox. 5,5 kWh la demanda anual del caserío. Esto se debe a la poca superficie de acristalamiento existente.

8.5. DISCUSIÓN SOBRE LA EFICIENCIA DE LAS ESTRATEGIAS EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS

		INSULATION POS.	VALUE	AGRITOURISM	RURAL HOUSE	RESTAURANT	ECOAGRICULT. EXPLOITATION	TRADITIONAL SCENARIO	RESIDENTIAL	MUSEUM	ECOAGRIC. SCHOOL
USER POTENTIAL											
ORIGINAL BUILDING	NONE	kWh/year	17188	30195	18723	15570	14211	32245	15193	18154	
		kWh/m2year	139,9	130,7	112,5	126,7	115,7	124,6	137,9	147,8	
		Europe %	121%	212%	132%	110%	100%	227%	107%	128%	
ARCHITECTURAL INTERVENTION											
4 ac/h	Unaltered External walls	NONE	kWh/year	9757	13974	11917	8420	7821	11939	8089	10355
			Savings %	43%	54%	36%	46%	45%	63%	47%	43%
			kWh/m2year	79,42	60,49	71,61	68,52	63,68	46,13	73,42	84,30
			Europe %	31%	2%	16%	41%	45%	16%	43%	27%
	Cost Optimal insulation	INTERNAL	kWh/year	6871	10022	9211	5344	5535	7681	5871	7097
			Savings %	60%	67%	51%	66%	61%	76%	61%	61%
			kWh/m2year	55,93	43,38	55,35	43,49	45,06	29,68	53,29	57,78
			Europe %	52%	29%	35%	62%	61%	46%	59%	50%
		EXTERNAL	kWh/year	6785	9928	9069	5296	5469	7615	6251	7164
			Savings %	61%	67%	52%	66%	62%	76%	59%	61%
			kWh/m2year	55,23	42,97	54,49	43,10	44,53	29,43	56,74	58,33
			Europe %	52%	30%	36%	63%	62%	46%	56%	50%
	EnerPHit Ins	INTERNAL	kWh/year	6092	8960	8606	4283	5011	6188	5276	6438
			Savings %	65%	70%	54%	72%	65%	81%	65%	65%
			kWh/m2year	49,59	38,78	51,71	34,85	40,80	23,91	47,89	52,41
			Europe %	57%	37%	39%	70%	65%	56%	63%	55%
		EXTERNAL	kWh/year	5988	8852	8468	4204	4942	6087	5878	6455
			Savings %	65%	71%	55%	73%	65%	81%	61%	64%
			kWh/m2year	48,74	38,32	50,88	34,21	40,24	23,52	53,35	52,55
			Europe %	58%	38%	40%	70%	65%	57%	59%	55%
1 ac/h	Cost Optimal insulation	INTERNAL	kWh/year	5497	7912	7587	4091	4400	4917	4850	5745
			Savings %	68%	74%	59%	74%	69%	85%	68%	68%
			kWh/m2year	44,74	34,25	45,59	33,29	35,82	19,00	44,02	46,77
			Europe %	61%	44%	47%	71%	69%	65%	66%	60%
		EXTERNAL	kWh/year	5413	7832	7365	4043	4342	4837	5147	5803
			Savings %	69%	74%	61%	74%	69%	85%	66%	68%
			kWh/m2year	44,06	33,90	44,25	32,90	35,35	18,69	46,72	47,24
			Europe %	62%	45%	48%	72%	69%	66%	64%	59%
	EnerPHit Ins	INTERNAL	kWh/year	4776	6901	6988	3104	3910	3625	4201	5115
			Savings %	72%	77%	63%	80%	72%	89%	72%	72%
			kWh/m2year	38,87	29,87	41,99	25,26	31,83	14,01	38,13	41,64
			Europe %	66%	51%	51%	78%	72%	74%	70%	64%
EXTERNAL		kWh/year	4661	6804	6772	3000	3852	3388	4804	5128	
		Savings %	73%	77%	64%	81%	73%	89%	68%	72%	
		kWh/m2year	37,94	29,45	40,69	24,41	31,36	13,09	43,60	41,75	
		Europe %	67%	52%	52%	79%	73%	76%	66%	64%	

Fig. 264. Summary of energy efficiency of the strategies in each user scenario

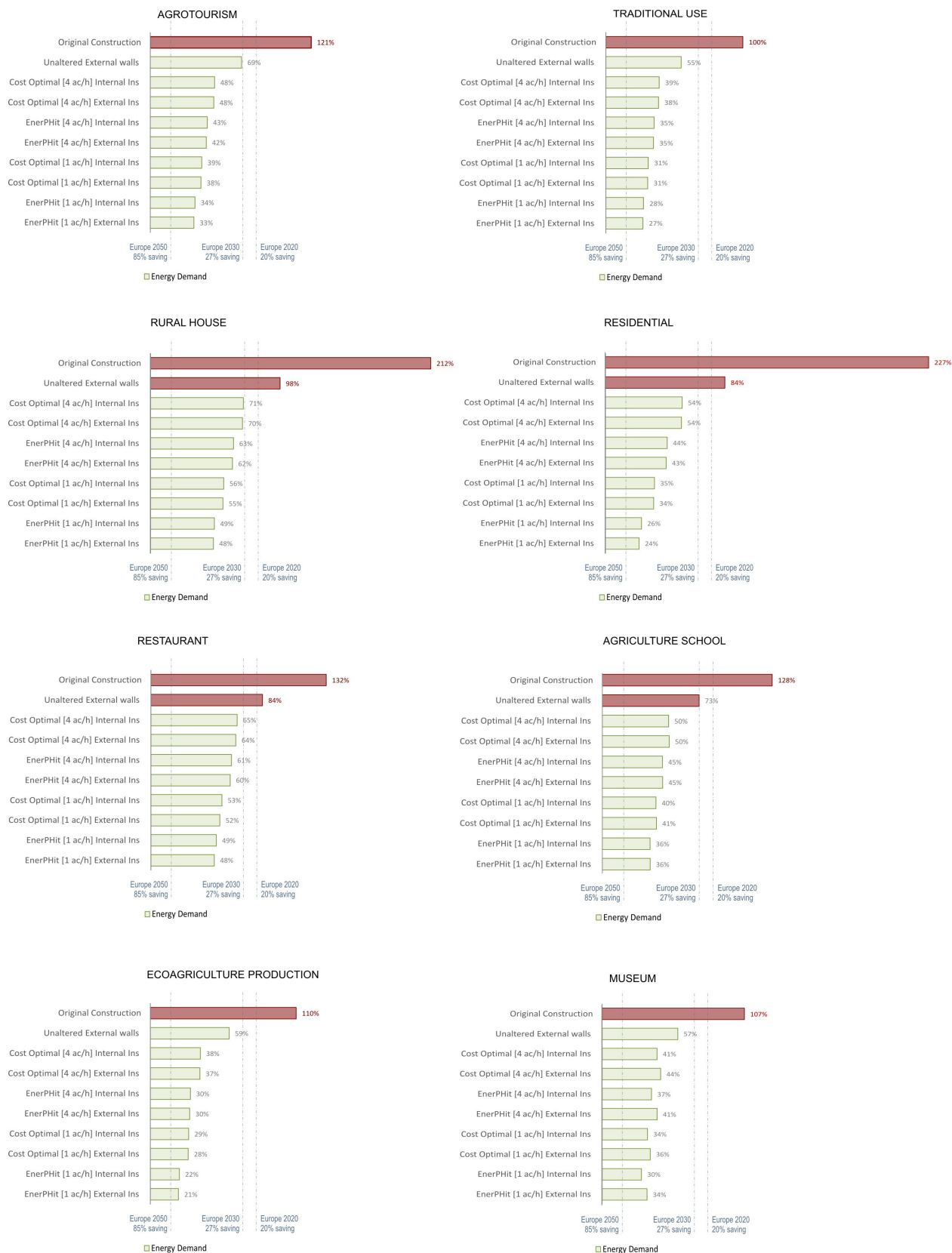


Fig. 265. Comparison of the energy efficiency of the user scenarios

Estos gráficos permiten realizar una lectura global del rendimiento energético de todos los escenarios.

Partiendo de que se necesita intervenir en el caserío para adaptarlo a los requerimientos del objetivo Europeo para 2030 –ahorro de 27% respecto al *caserío de referencia*, se interpretan las siguientes conclusiones.

- **Coste Optimizado suficiente para cumplir el objetivo Europeo para 2030.** Este estudio demuestra que el caserío Torre en todos los escenarios de uso propuestos es capaz de adaptarse al objetivo de la comisión Europea para 2030 a través de estrategias energéticas de Coste Optimizado. Logra un ahorro de hasta 61% respecto al *caserío de referencia*
- **Escenarios de sector primario los que menos intervención requieren.** Se verifica también que en aquellos escenarios donde se mantiene una explotación agroganadera o agrícola, como el escenario tradicional, explotación agrícola, agroturismo y escuela de agricultura, no se requieren la incorporación de materiales aislantes en sus muros exteriores para adaptarse a ese objetivo. Por lo que la alteración arquitectónica y los costes de la intervención se disminuyen. Sin embargo, en estos casos es necesario asegurarse de que el grado de estanqueidad es menor que 4 ren/h.
- **Con soluciones de estándares de Edificios de Consumo Casi Nulo cerca de los objetivos 2050.** Además, el estudio cuantifica el potencial energético del edificio con distintas soluciones energéticas que permiten incluso acercarse en algunos casos a

los objetivos europeos para 2050 que exigen un ahorro del 85% en el consumo. Las soluciones del estándar EnerPHit proporcionan un ahorro de hasta 79%.

- **Pérdida de rendimiento energético a partir de las soluciones de Coste Optimizado.** Se demuestra que el espesor de aislamiento a partir del punto de Coste Optimizado va perdiendo rendimiento energético, por lo que la estanqueidad coge mayor protagonismo. Una vez establecido un rendimiento de óptimo del aislamiento se recomienda mejorar la estanqueidad. Así se consigue disminuir alrededor de 18-21% la demanda energética.
- **Demanda energética absoluta VS demanda energética respecto a superficie útil.** La última conclusión de esta experimentación es que como se ha expuesto anteriormente, la demanda energética total de una construcción no va de la mano de la demanda energética respecto a superficie útil: kWh VS kWh/m². Si se comparan el escenario del uso residencial con la explotación ecoagrícola, por ejemplo con soluciones EnerPHit por el exterior, la demanda energética de la explotación es de 3000 kWh al año mientras la de la residencial es de 3388 kWh. Sin embargo, la primera tiene un rendimiento energético de 24,41 kWh/m² y la segunda 13,09 kWh/año. Esto se debe al volumen calefactado, de las exigencias de térmicas de cada escenario y a la compacidad del caserío.

Una vez analizado el potencial de las soluciones estratégicas, con la finalidad de definir unas directrices energéticas apropiadas para la rehabilitación del caserío Torre se introduce el concepto del valor patrimonial a la experimentación. Así se permitirá tomar la decisión adecuada en base al rendimiento energético y a la alteración del edificio como patrimonio construido.

9. HACIA DIRECTRICES DE INTERVENCIÓN EQUILIBRADA

9. TOWARDS GUIDELINES FOR BALANCED INTERVENTION

En ese el objetivo final de definir unas directrices que sean energéticamente eficientes y respetuosos con el patrimonio, se elabora la última fase de la experimentación: una evaluación de incompatibilidad patrimonial de las estrategias de intervención definidas.

El objetivo final es cuantificar cada intervención en términos de eficiencia energética y de incompatibilidad patrimonial, y así poder optar por la una estrategia que garantice una adaptación sostenible e respetuosa; que comprenda y que equilibre la conservación del patrimonio con la disminución de la huella medioambiental.

Por ello, el objeto de esta última fase es facilitar una herramienta que permita realizar una lectura transversal entre la alteración patrimonial y el rendimiento energético de cada una de las estrategias de intervención. Así se permite identificar cual es la intervención más adecuada.

En ese sentido se cuantifica cada una de las estrategias patrimonialmente también de forma paramétrica. Véase la tabla de la Fig. 251. Asimismo, se establece un máximo grado de la incompatibilidad patrimonial para garantizar que la intervención sea respetuosa con el valor patrimonial

del elemento construido.

Esta evaluación de los parámetros de intervención se basa en la lectura estratigráfica del apartado 6.3.4 y permite valorar la incompatibilidad de cada combinación de las estrategias de la misma forma que se ha realizado con su eficiencia energética.

Al final, para cada escenario de uso se recopila la información y se plasma en un único gráfico. Así se proporciona toda holgura necesaria para la toma de decisiones.

9.1. EVALUACIÓN DE LA INCOMPATIBILIDAD DE LAS ESTRATEGIAS ENERGÉTICAS CON EL PATRIMONIO

El cálculo energético se ha desarrollado en el anterior apartado, por lo que en esta fase se elabora una evaluación de incompatibilidad patrimonial de cada una de las estrategias. Se evalúa la alteración arquitectónica de cada estrategia energética en la arquitectura del caserío Torre.

Se establece el límite de alteración patrimonial en 30 pt.

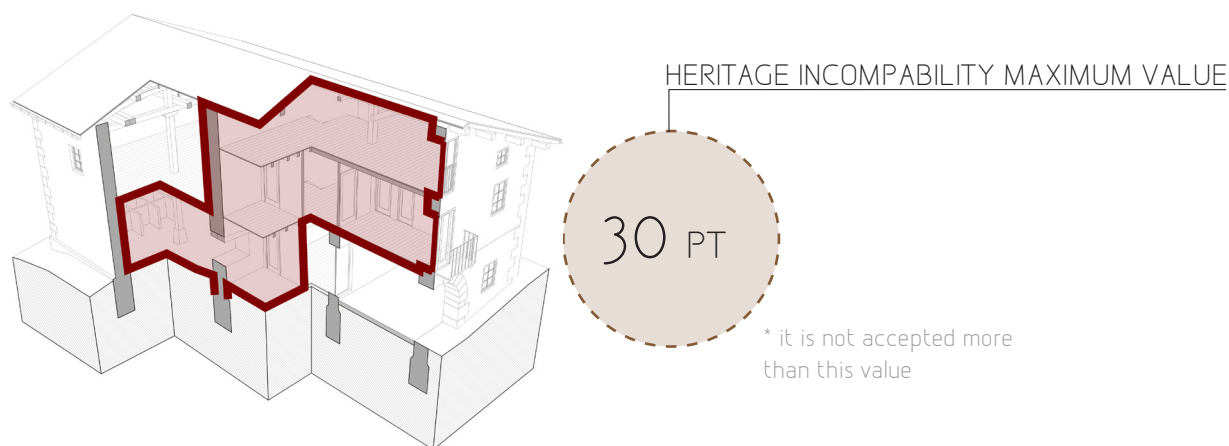


Fig. 266. Heritage incompatibility maximum value

Se exponen los motivos de los valores establecidos.

- **Cubierta:** En esta experimentación se contemplan 3 espesores de aislamiento para la cubierta del caserío; 12, 16 y 25. Las alteraciones arquitectónicas que implican son valorados en 3 pt, de 5pt y de 10 pt, respectivamente. Se considera que el aislamiento de hasta 16 cm se puede instalar entre viguetas, de forma que apenas altera la arquitectura por el interior ni en vuelos perimetrales. A partir de espesor la incompatibilidad patrimonial aumenta.
- **Muro exterior:** Las estrategias de aislamiento del muro exterior se dividen en dos grupos que dependen de la cara por donde se instala el aislamiento. Por un lado, está la estrategia del aislamiento por la cara interna, que consiste en un trasdosado de cartón yeso que además de disminuir la superficie útil del edificio y aumentar el espesor total del muro, esconde la textura original del muro de mampostería. De manera que aislar con 8 cm por esta cara se penaliza con 11 pt, mientras 12 cm conlleva 13 pt y 25 cm, 18 pt.

Por otro lado, la estrategia de aislamiento por el exterior se basa en un SATE con mortero de cal. Esta intervención cambia radicalmente la estética externa del caserío Torre por lo que la incompatibilidad es importante. La estrategia de 8 cm de aislamiento se penaliza con 21 pt, mientras 12 cm conlleva 25 pt y 25 cm 30 pt, por lo que directamente no se permite aislar el caserío por el exterior con un SATE de 25 cm.

Sin embargo cabe recordar que a lo largo de la existencia de los caseríos,

algunas de sus fachadas, sobre todo la principal, se han raseado con el objetivo de proteger el mampuesto o esconder la reducida calidad de algunos paños. Por otro lado, se recomienda que si se aplica esta estrategia se intente mantener una uniformidad en las fachadas externas a pesar de que la envolvente térmica de los espacios calefactados en estas caras no sea continua.

Cabe comentar que existe la posibilidad de no intervenir en el muro y que no se contempla una estrategia de aislamiento por las dos caras.

- **Suelo:** El aislamiento del suelo se hace por debajo de la cota original por lo que apenas altera la arquitectura del caserío. 8 y 10 cm de aislamiento se penalizan con 1 pt, mientras 22 cm implican 2 pt.
- **Forjado interior:** la incompatibilidad patrimonial de las estrategias en el forjado interior son similares a la de la cubierta. 8 y 12 cm de aislamiento se consideran que pueden instalarse de manera correcta entre viguetas, por lo que implican una alteración de 5 y 6 pt respectivamente. La estrategia de EnerPHit que requiere 25 cm se penaliza con 12 pt.
- **Tabiquería interior:** El aislamiento de la tabiquería interior puede consistir en un trasdosado del tabique existente o en un tabique nuevo de cartón yeso. 8 cm se penalizan con 6 pt, 12 cm con 7 pt y 25 cm con 11 pt.
- **Muro cortafuegos:** El muro cortafuegos es uno de los elementos caracterizadores de la tipología vizcaína por lo que la intervención de una de sus caras se penaliza en mayor grado que la

tabiquería habitual. Aislamiento de 8 cm se penaliza con 7 pt, 12 cm con 9 pt y 25 cm con 13 pt.

- **Mejora de acristalamiento:** En el caso concreto del caserío Torre, las ventanas no tienen un especial valor patrimonial, por lo que su sustitución no perjudica de manera grave a este patrimonio. Instalar doble acristalamiento bajo emisivo con argón y el marco de madera 70-77 mm en los huecos que pertenecen a la envolvente térmica de cada escenario se penaliza con 2 pt, mientras el triple acristalamiento bajo emisivo y con argón con marcos de 99-106 implica 5 pt.
- **Mejora de estanqueidad:** El grado de la estanqueidad puede implicar una intervención sustancial en el patrimonio. Las estrategias de Coste Optimizado requieren 4 ren/h a 50 Pa, mientras el estándar EnerPHit necesita reducir a 1 ren/h a 50 Pa.

El valor de Coste Optimizado es probable que se consiga con las mejoras de envolvente exigidos pero en los escenarios que no se necesita intervenir en los muros de mampostería puede que no se den los 4 ren/h @50 Pa. Para ello se realiza

un *Blower Test* y en caso que esté por encima de ese límite, se recomienda dar un raseo por el interior de la cara de este mampuesto. Esta estrategia se penaliza con 4 pt.

Por último conseguir una estanqueidad de 1 ren/h @ 50 Pa en un edificio como un caserío requiere un esfuerzo físico, económico y técnico importante que conlleva una alteración sustancial del patrimonio. En esta experimentación se penaliza con 20 pt. Pues, ese grado de estanqueidad conlleva primero la traza de lámina impermeable sea continua, segundo que los detalles en todas las aristas de los huecos estén bien solventados, que no haya ninguna salida directa de aire, que exista una ventilación mecánica que implica instalar conductos de aire en todas las estancias, el correcto sellado de las fendas de la estructura de madera y especial atención a las cabeza de viga entre otras cuestiones.

CULTURAL HERITAGE INCOMPATIBILITY										
			Existing		OIS				EnerPHit	
			Insulation Thick.	Alteration Value	Insulation Thick.	Alteration Value	Insulation Thick.	Alteration Value	Insulation Thick.	Alteration Value
PARAMETERS	1	Roof	0	0	0,12	3	0,16	5	0,25	10
	2	Ext. Wall internal	0	0	0,08	11	0,12	13	0,25	18
	3	ceiling	0	0	0,08	5	0,12	6	0,25	12
	4	Ground	0	0	0,06	1	0,08	1	0,22	2
	5	Internal Wall	0	0	0,08	6	0,12	7	0,25	11
	6	Intern. Stonewall	0	0	0,08	7	0,12	9	0,25	13
	7	Ext. Wall external	0	0	0,08	21	0,12	25	0,25	30
	8	Glazing	Single G	0	Double G	2	-	0	triple G	5
	9	Airtightness	10 ac/h	0	4 ac/h	4	-	0	1 ac/h	20

Fig. 267. Values of heritage incompatibility

9.2. CONDICIONES PARA LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA GARANTIZAR UNA REHABILITACIÓN EQUILIBRADA

Se realizan los estudios paramétricos según la eficiencia energética e impacto patrimonial de cada solución propuesta para el caso del caserío Torre según los distintos escenarios de usos propuestos previamente.

Con el objetivo de detectar las soluciones más eficaces se acotan los valores límites permitidos para la demanda energética y de la compatibilidad patrimonial.

- **Energía_ Mínima intervención para adaptarse al objetivo 2030.** La intervención para adaptar el caserío Torre con los distintos escenarios de uso debe

cumplir el objetivo del marco Europeo de ahorro del consumo energético de 27% para 2030. De manera que la demanda energética máxima debe ser 27% menor que la demanda del caserío Torre en su estado y uso original (14.211 kWh/año): 10.374 kWh/año.

- **Compatibilidad patrimonial.** El límite de la alteración arquitectónica de la intervención se ajusta a un máximo de 30 puntos. Es decir la suma de la incompatibilidad de las estrategias no debe superar ese valor.

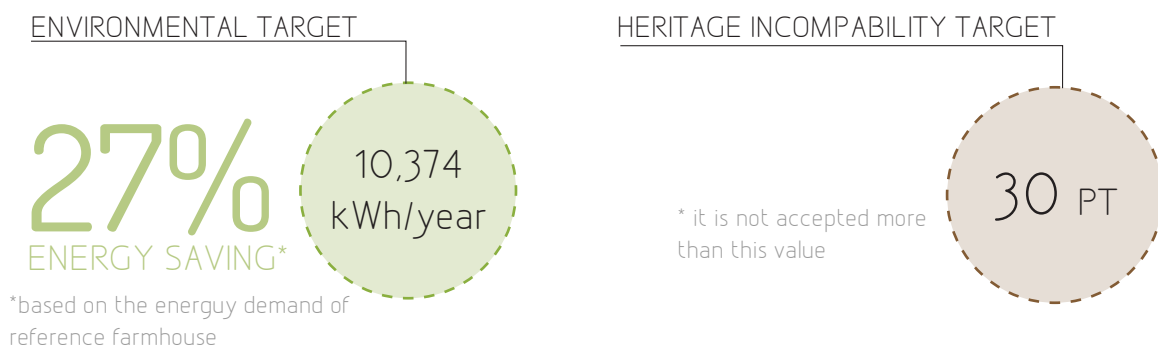


Fig. 268. Energy demand and heritage incompatibility maximum value

Se elabora un gráfico que resume la demanda energética y la incompatibilidad de cada estrategia en un gráfico. Y se plasman los máximos establecidos.

Así este gráfico muestra cuales son las estrategias que cumplen con las condicionantes establecidas. Además permiten una lectura bidireccional y una toma decisión muy amplia debido el gráfico plasma la eficiencia energética y la alteración patrimonial de cada estrategia.

De este modo, este procedimiento permite detectar cuales son las estrategias energéticamente más eficientes o las que menos alteran el patrimonio aún siendo eficientes. Las primeras se nombran como “*lowest energy demand*”, mientras las últimas se nombran como “*Minimum intervention*”.

Sin embargo, el gran objetivo de estas gráficas es sobre todo identificar cuales son las estrategias que mejor equilibran la comptaibilidad patrimonial y la eficiencia energética. Éstas actuaciones se consideran como “*optimal intervention*”. Puede dar se el caso de que en un primer momento se identifiquen varias estrategias, pero al final se opta por una única estrategia óptima.

De modo que a partir de la siguiente página se desarrolla la experimentación con cada uno de los escenarios de uso.

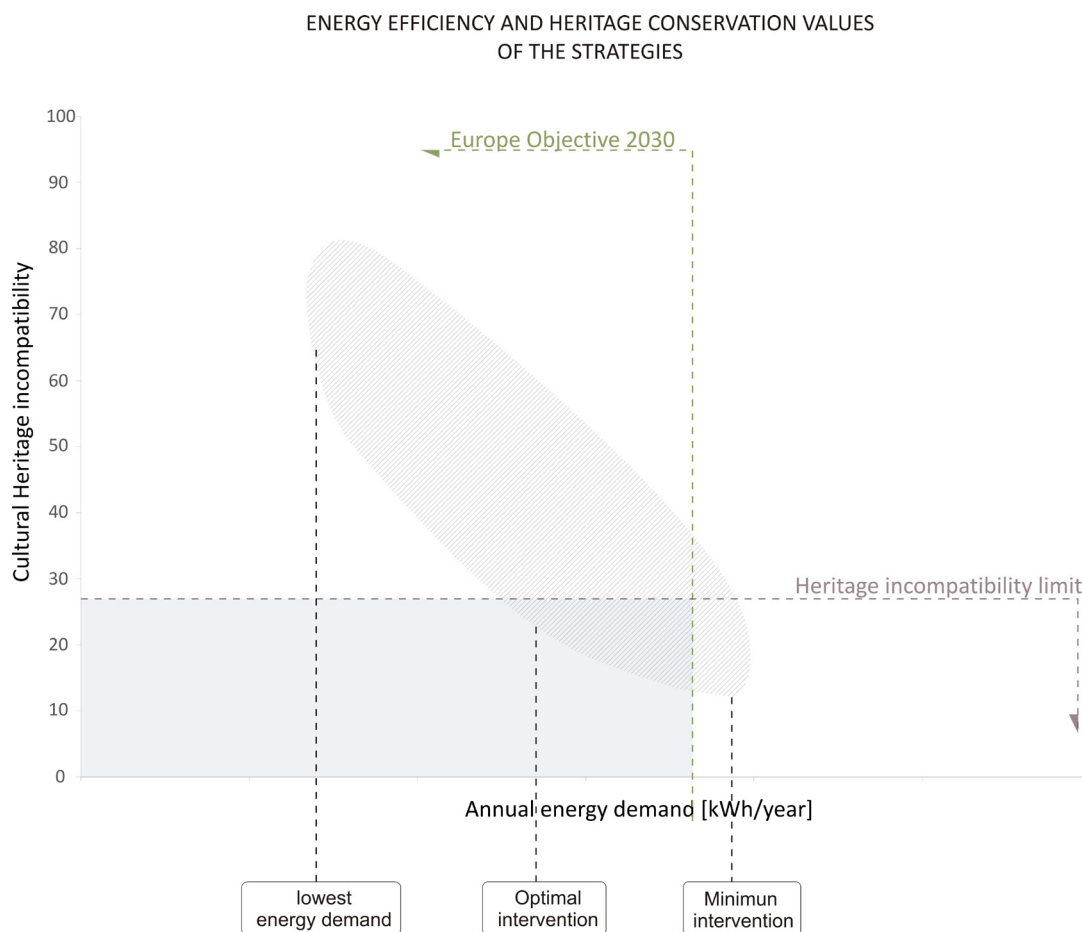


Fig. 269. Energy efficiency and heritage incompatibility graph

9.3. INSTRUCCIONES DE LAS FICHAS DE DIRECTRICES

Se crean dos directrices distintas: una para la intervención mínima y la otra para la recomendada. Se basan en unas fichas que exponen lo siguiente:

- La configuración del escenario de uso.** Esta infografía muestra la envolvente de los espacios calefactado y los focos de calor de cada escenario de uso
 - Determina el espacio que se encuentra en bienestar.
 - Los espacios que generan calor.
- La incompatibilidad patrimonial.** Este valor es la alteración arquitectónica que conlleva la estrategia de intervención recomendada. Debe ser menor que 30 pt para cumplir con los objetivos de compatibilidad patrimonial.

- La reducción de huella ambiental respecto al *caserío de referencia*.** Es la disminución de huella ambiental producida por el ahorro energético originado por la intervención. Debe ser mayor de 27% para cumplir con los objetivos Europeos para 2030.
- El tipo de intervención.** Muestra la estrategia de intervención recomendada desglosada en las actuaciones que se deben realizar en la envolvente de los espacios acondicionados. Se recuerda que esta envolvente varía según el escenario de uso.

Se expone por un lado el espesor de aislamiento térmico necesario en la cubierta, muros externos, forjados internos, suelo y muros internos. Conductividad térmica considerada del aislamiento es de 0,04 W/m·K

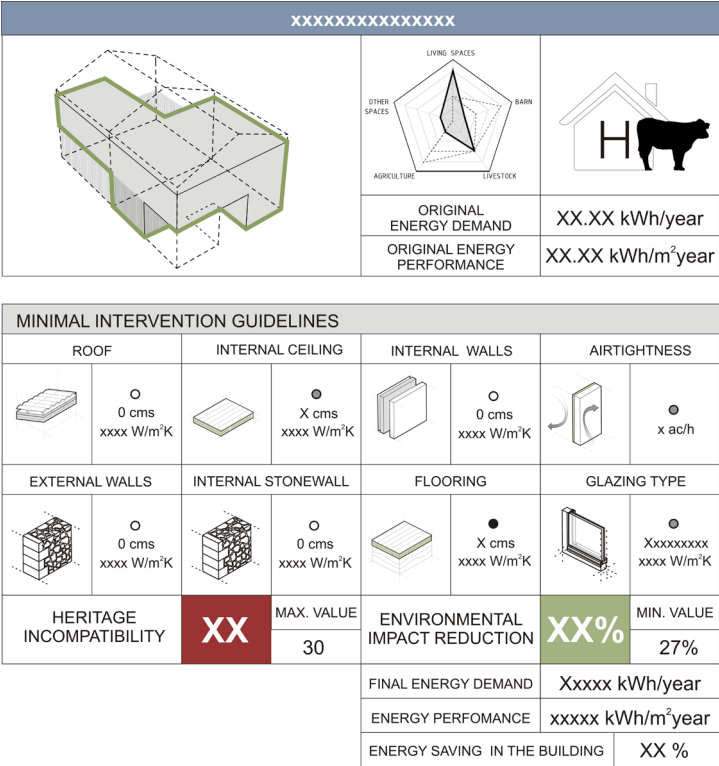


Fig. 270. Intervention sheet template

- **El rendimiento energético.** Este apartado se divide en tres valores.
 - La demanda energética anual del escenario de uso en su estado arquitectónico original.
 - La demanda energética anual del escenario de uso después de la intervención recomendada
 - El ahorro energético anual respecto a la demanda original del escenario de uso producido por la estrategia de intervención recomendada

9.4. EXPERIMENTACIÓN DEL ESTUDIO PARAMÉTRICO

9.4.1. Agroturismo

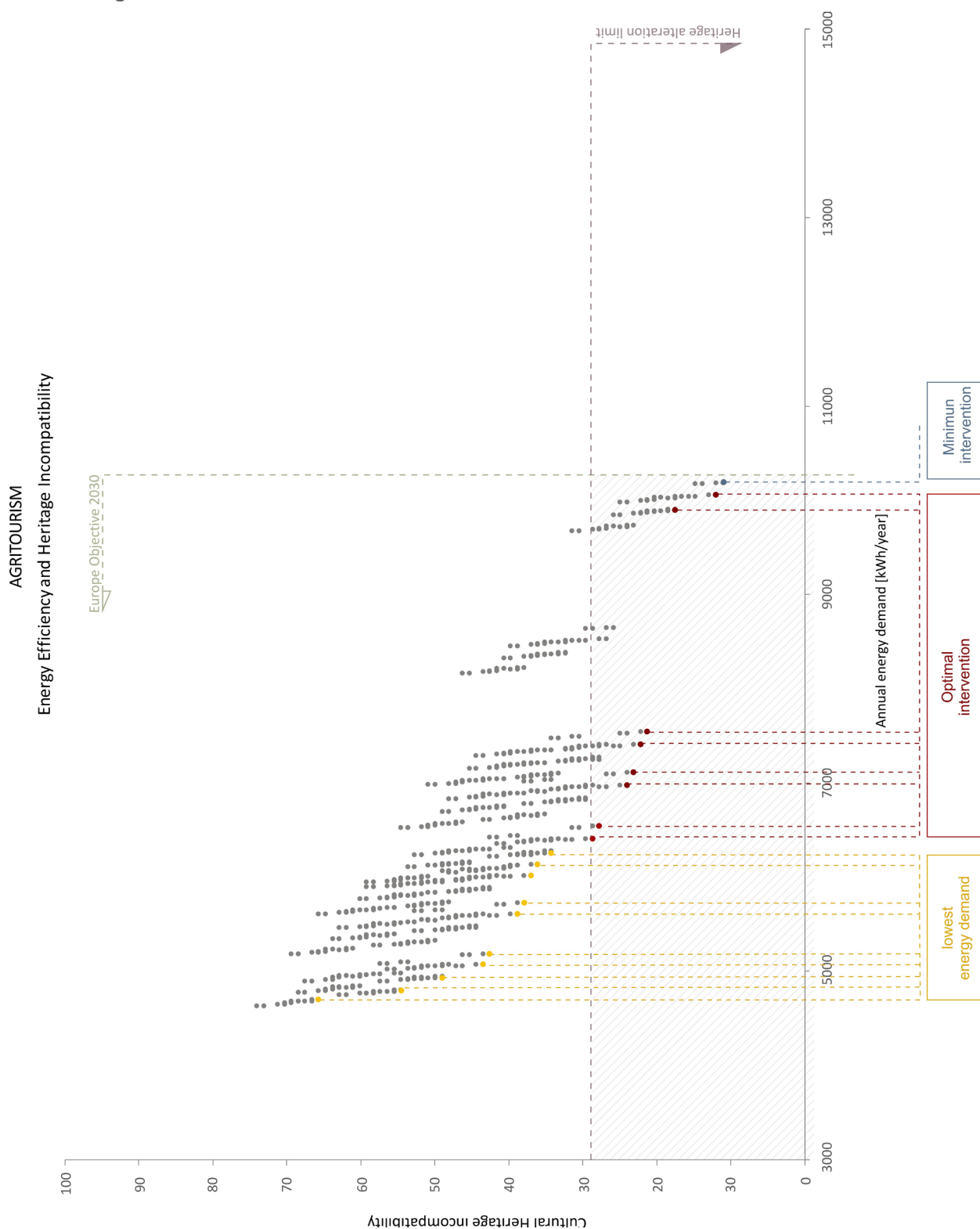


Fig. 271. Intervention strategies' heritage incompatibility and energy efficiency in agritourism scenario

JOB NUMBER	ROOF INS (cm)	EXT. WALL INTERNAL INS (cm)	EXT. WALL EXTERNAL INS (cm)	CEILING INS (cm)	GROUND INS. (cm)	INTERNAL WALL INS (cm)	INTERNAL STONEWALL INS (cm)	GLAZING (W/m2K)	AIRTIGHTNESS (ac/h @50 Pa)	TOTAL ALTERATION VALUE	ANNUAL ENERGY DEMAND (kWh/year)	TERRITORIAL ENERGY SAVING	INTERVENTION TYPE
33	-	-	-	8	8	-	-	1,4	4	12	10276	28%	MINIMAL
161	-	-	-	12	22	-	-	1,4	4	14	10144	29%	OPTIMAL SOLUTION
137	-	-	-	12	8	8	-	1,4	4	19	9992	30%	
289	-	8	-	8	6	-	-	1,4	4	23	7600	47%	
313	-	8	-	12	6	-	-	1,4	4	24	7467	48%	
361	-	12	-	8	6	-	-	1,4	4	25	7162	50%	
385	-	12	-	12	6	-	-	1,4	4	26	7029	51%	
433	-	25	-	8	6	-	-	1,4	4	30	6586	54%	
457	-	25	-	12	6	-	-	1,4	4	31	6456	55%	MINIMUM ENVIRONMENTAL IMPACT
459	-	25	-	12	6	8	-	1,4	4	37	6319	56%	
793	-	8	-	8	6	-	-	1,4	1	39	6180	57%	
817	-	8	-	12	6	-	-	1,4	1	40	6059	57%	
865	-	12	-	8	6	-	-	1,4	1	41	5764	59%	
889	-	12	-	12	6	-	-	1,4	1	42	5645	60%	
937	-	25	-	8	6	-	-	1,4	1	46	5219	63%	
961	-	25	-	12	6	-	-	1,4	1	47	5103	64%	
963	-	25	-	12	6	8	-	1,4	1	53	4978	65%	
987	-	25	-	25	6	8	-	1,4	1	59	4830	66%	
711	-	-	25	25	6	8	-	1,4	1	71	4725	67%	

Fig. 272. Heritage incompatibility and energy efficiency of the best solutions

9.4.1.1. Mínima intervención

Tal y como se aprecia en el gráfico y tabla de resumen la mínima intervención que cumple con los objetivos energéticos de 2030 no requiere una intervención en el muro de mampostería externo. Ésta es la combinación de las estrategias necesarias.

En esta solución es imprescindible mejorar las infiltraciones de la envolvente de piedra hasta conseguir un grado de estanqueidad de 4 ren/h @50Pa.

9.4.1.2. La solución recomendada

En este escenario de uso existen otras combinaciones que equilibran la eficiencia energética y la alteración patrimonial de manera eficaz y que respetan los límites establecidos.

- **Aislamiento en el muro externo.** Otra de las posibilidades se basa en incorporar aislamiento en los muros exteriores por el interior. Con 8 cm la demanda anual disminuye aprox. 2670 kWh, es decir un 19% más. Consiguiendo un ahorro de 56 % respecto a la demanda del caserío en

su estado original. Mientras con 12 cm la demanda cae hasta 7162 kWh/año, es decir más de 3000 kWh de energía menos al año. Un 22% más de ahorro respecto al edificio de referencia.

- **Espesor del aislamiento de los forjados.** La intervención mínima requiere 8 cm de aislamiento en los forjados de madera. Pero sin embargo, dependiendo de la solución constructiva utilizada, aumentar el espesor del aislamiento hasta 12 cm puede ser una solución atractiva. Pues en casos de por ejemplo de forjados unidireccionales de madera, la variación del aislamiento entre viguetas apenas altera la arquitectura y proporciona un ahorro aproximado de 150 kWh/año.

Teniendo en cuenta que la mínima opción requiere una mejora de las infiltraciones de la envolvente, que por ejemplo se puede lograr con un raseo de mortero de cal y que por lo tanto existe una intervención en la misma, se considera que es recomendable trasdosarla con placa de cartón yeso y aislamiento de 8 cm por su rendimiento energético.

9.4.1.3. Potencial energético

En el previo apartado se ha comentado el potencial energético de las intervenciones, de las que destacan 12 soluciones como las más eficientes. Éstas pertenecen a soluciones del estándar EnerPHit que requieren un aumento del aislamiento hasta 25 cm o una estanqueidad en el espacio interior de 1 ren/h @50 Pa. Sin embargo este tipo de intervenciones no se recomiendan debido a su alta alteración patrimonial.

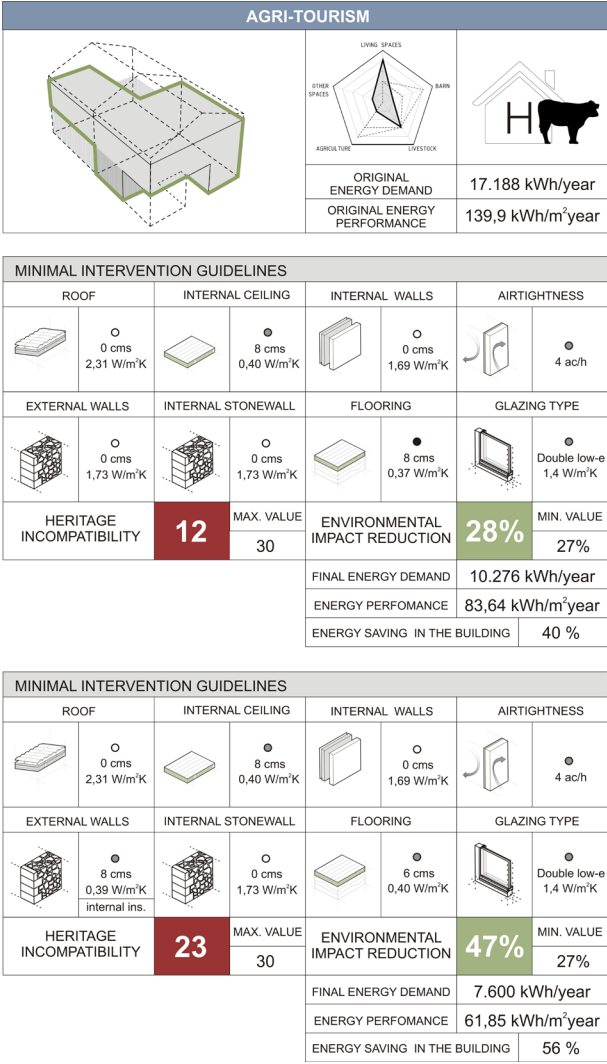


Fig. 273. Recommended intervention for agritourism scenario

9.4.2. Casa Rural

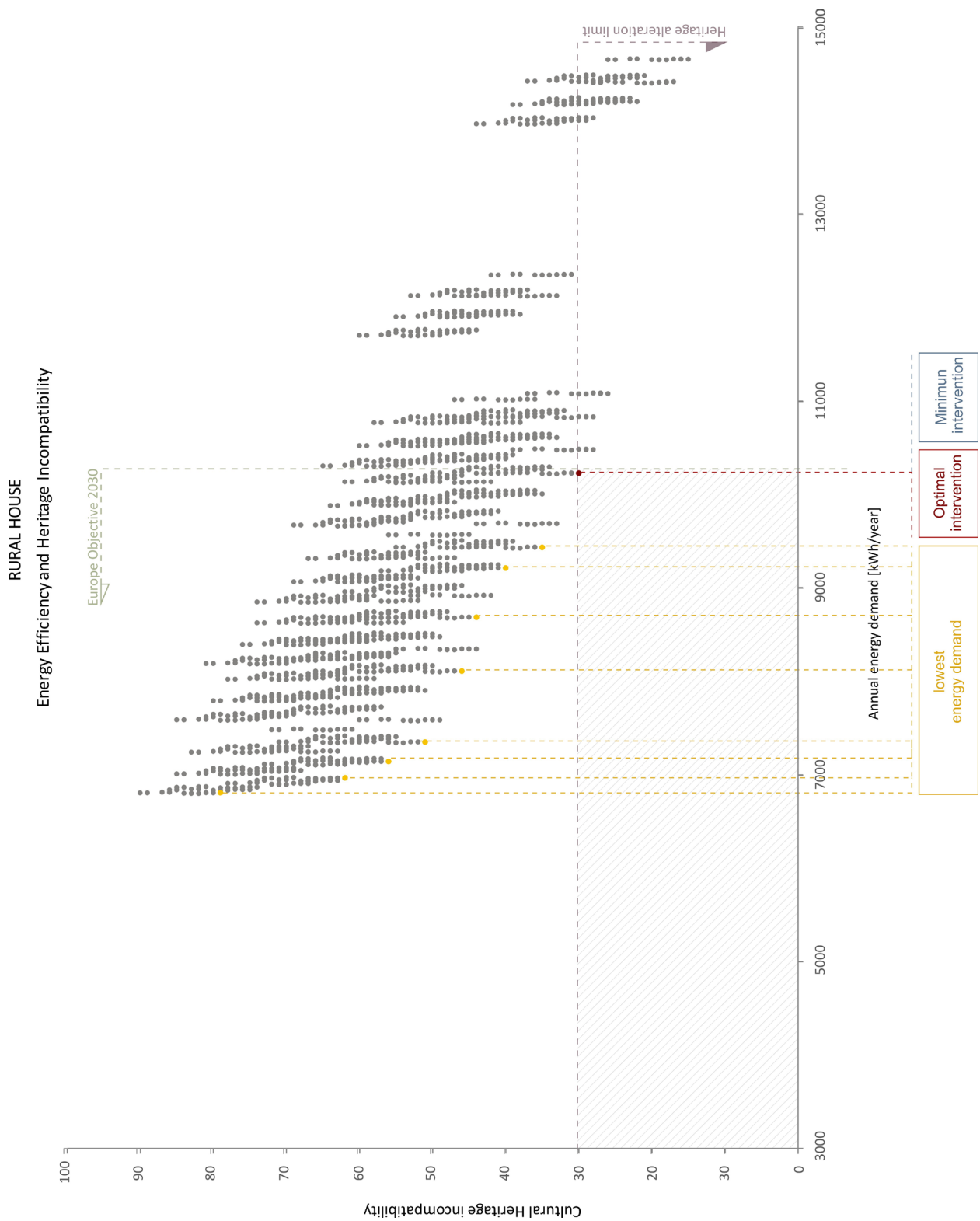


Fig. 274. Intervention strategies' heritage incompatibility and energy efficiency in rural house scenario

JOB NUMBER	ROOF INS (cm)	EXT. WALL INTERNAL INS (cm)	EXT. WALL EXTERNAL INS (cm)	CEILING INS (cm)	GROUND INS. (cm)	INTERNAL WALL INS (cm)	INTERNAL STONEWALL INS (cm)	GLAZING (W/m2K)	AIRTIGHTNESS (ac/h @50 Pa)	TOTAL ALTERATION VALUE	ANNUAL ENERGY DEMAND (kWh/year)	TERRITORIAL ENERGY SAVING	INTERVENTION TYPE
1153	16	12	-	8	6	-	-	1,4	4	30	10236	28%	MINIMAL/OPTIMAL
1369	16	25	-	8	6	-	-	1,4	4	35	9440	34%	MINIMUM ENVIRONMENTAL IMPACT
1371	16	25	-	8	6	0,08	-	1,4	4	41	9252	35%	
2449	16	8	-	8	6	-	-	1,4	1	44	8691	39%	
2665	16	12	-	8	6	-	-	1,4	1	46	8115	43%	
2881	16	25	-	8	6	-	-	1,4	1	51	7354	48%	
2693	16	12	-	12	6	12	-	1,4	1	54	7176	50%	
2955	22	25	-	8	6	8	-	1,4	1	67	6978	51%	
2119	22	-	25	8	6	25	-	1,4	1	84	6812	52%	

Fig. 275. Heritage incompatibility and energy efficiency of the best solutions in rural house scenario

9.4.2.1. Mínima intervención, la recomendada

Tal y como se aprecia en el gráfico y tabla de resumen existe sólo una única solución que respete el límite de alteración arquitectónica y el objetivo energético europeo para 2030. Consiste en la siguiente solución:

El escenario de uso de la casa rural requiere una intervención más importante que otros escenarios para adaptarse a los requerimientos energéticos debido a la alta demanda energética de esta función del edificio. La alteración arquitectónica de la solución recomendada llega prácticamente al límite establecido para la presente experimentación.

Proporciona un ahorro energético de 28% respecto al edificio referencia, reduciendo su demanda a 10236 kWh/año. La combinación altera específicamente el límite recomendado, 30 pt.

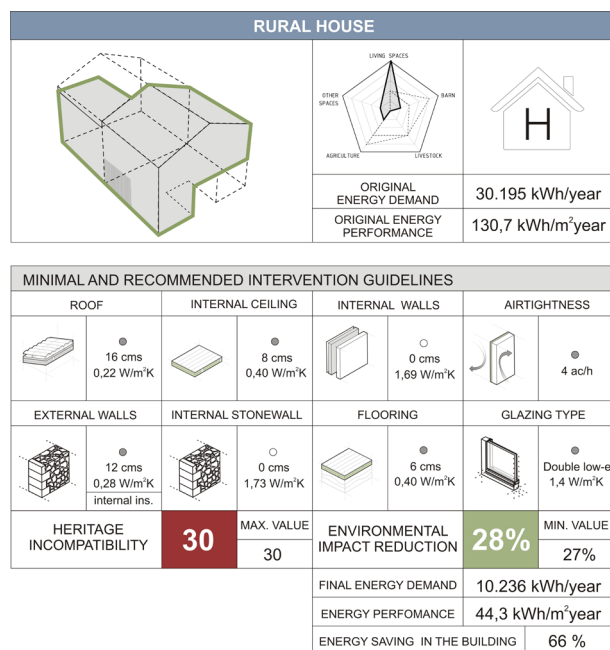


Fig. 276. Recommended intervention for rural house

9.4.2.2. Potencial energético

En el previo apartado se ha comentado el potencial energético de las intervenciones, en los que se detectan otras 8 soluciones que se comportan de forma más eficiente. Éstas pertenecen a soluciones puntuales del estándar EnerPHit tales como 25 cm de espesor del aislamiento. Sin embargo no son recomendadas para intervenir en los caseríos debido a su alta alteración patrimonial.

Existe otra posibilidad de intervención que se fundamenta en aislar la tabiquería interior, en el que con 8 y 12 cm se consigue un ahorro de 200 kWh/año. No obstante, estas combinaciones tampoco cumplen con los límites de compatibilidad patrimonial.

JOB NUMBER	ROOF	EXT. WALL INTERNAL INS	CEILING	GROUND	INTERNAL WALL	EXT. WALL EXTERNAL INS	GLAZING	AIRTIGHTNESS	TOTAL ALTERATION VALUE	ANNUAL ENERGY DEMAND	ENERGY SAVINGS	INTERVENTION TYPE
1155	0,16	0,12	0,08	0,06	0,08	-	1,4	4	31	10050	29%	EFFICIENT SOLUTIONS
1157	0,16	0,12	0,08	0,06	0,12	-	1,4	4	32	10022	29%	

Fig. 277. Energy potential of the strategies in the rural house scenario

9.4.3. Restaurante

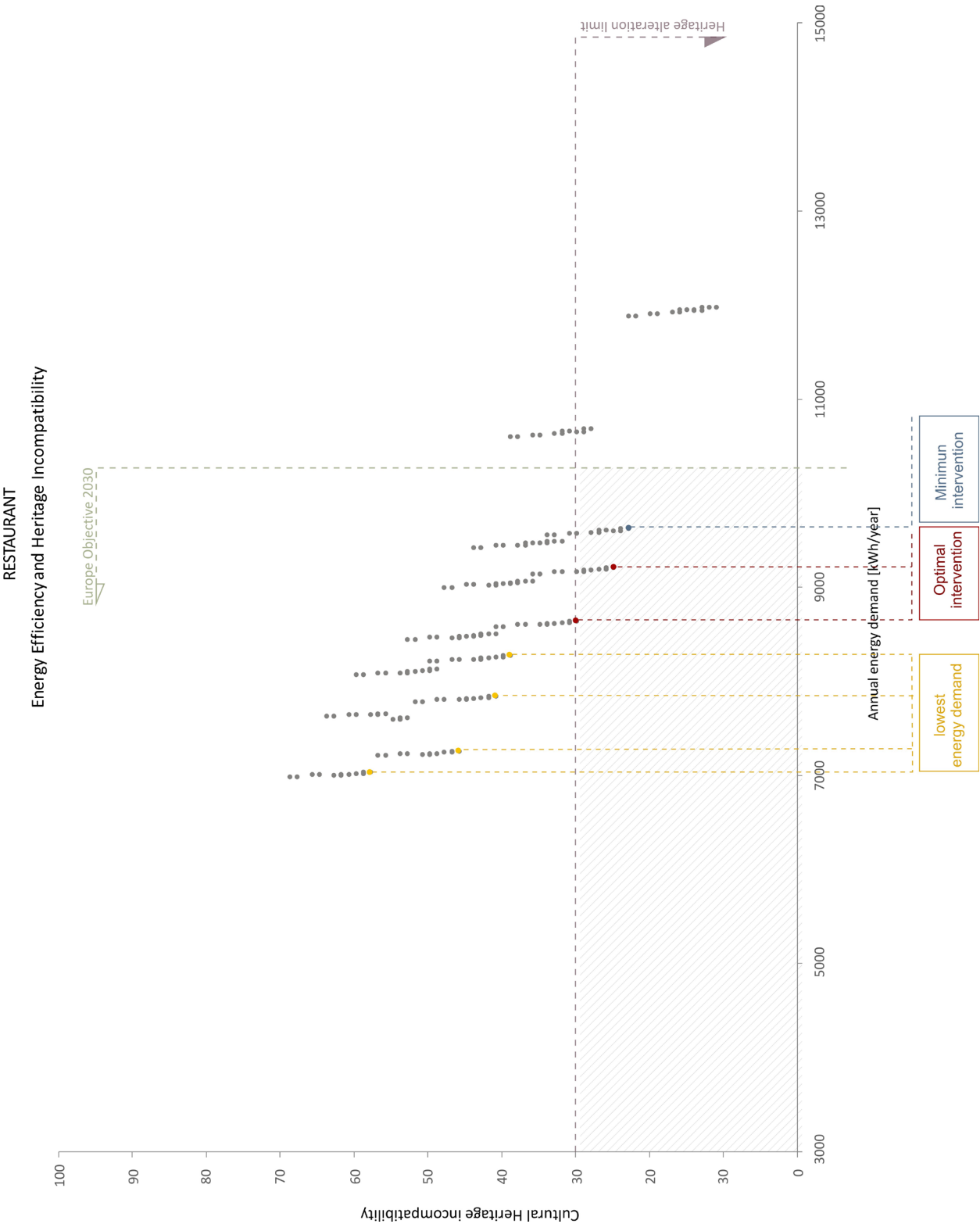


Fig. 278. Intervention strategies' heritage incompatibility and energy efficiency in restaurant scenario

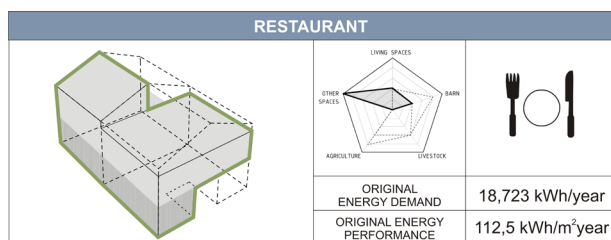
JOB NUMBER	ROOF INS (cm)	EXT. WALL INTERNAL INS (cm)	EXT. WALL EXTERNAL INS (cm)	CEILING INS (cm)	GROUND INS. (cm)	INTERNAL WALL INS (cm)	INTERNAL STONEWALL INS (cm)	GLAZING (W/m2K)	AIRTIGHTNESS (ac/h @50 Pa)	TOTAL ALTERATION VALUE	ANNUAL ENERGY DEMAND (kWh/year)	TERRITORIAL ENERGY SAVING	INTERVENTION TYPE
73	-	8	-	8	6	-	-	1,4	4	23	9651	32%	MINIMAL
145	-	12	-	8	6	-	-	1,4	4	25	9233	35%	OPTIMAL
109	-	25	-	8	6	-	-	1,4	4	30	8664	39%	OPTIMAL
199	-	8	-	8	6	-	-	1,4	1	39	8295	42%	MINIMUM ENVIRONMENTAL IMPACT
217	-	12	-	8	6	-	-	1,4	1	41	7861	45%	MINIMUM ENVIRONMENTAL IMPACT
235	-	25	-	8	6	-	-	1,4	1	46	7273	49%	MINIMUM ENVIRONMENTAL IMPACT
133	-	-	25	8	6	-	-	1,4	1	58	7049	50%	MINIMUM ENVIRONMENTAL IMPACT

Fig. 279. Heritage incompatibility and energy efficiency of the best solutions in restaurant scenario

9.4.3.1. Mínima intervención

Tal y como se aprecia en el gráfico y tabla de resumen la mínima intervención que cumple con los objetivos energéticos de 2030 se fundamenta en la siguiente combinación.

Proporciona un ahorro energético de 32% respecto



MINIMAL INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF	INTERNAL CEILING	INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS			
0 cms 2,31 W/m²K	8 cms 0,40 W/m²K	0 cms 1,69 W/m²K	0 cms 1,69 W/m²K	4 ac/h	4 ac/h	4 ac/h	4 ac/h
EXTERNAL WALLS	INTERNAL STONEWALL	FLOORING		GLAZING TYPE			
8 cms 0,39 W/m²K internal ins.	0 cms 1,73 W/m²K	6 cms 0,40 W/m²K	6 cms 0,40 W/m²K	Double low-e 1,4 W/m²K	Double low-e 1,4 W/m²K	Double low-e 1,4 W/m²K	Double low-e 1,4 W/m²K
HERITAGE INCOMPATIBILITY	23	MAX. VALUE	27	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION	32%	MIN. VALUE	27%
FINAL ENERGY DEMAND				9.651 kWh/year			
ENERGY PERFORMANCE				57,98 kWh/m²/year			
ENERGY SAVING IN THE BUILDING				48 %			

Fig. 280. Minimal intervention for rural house

al edificio referencia, reduciendo su demanda a 9651 kWh/año. La combinación altera por debajo de lo recomendado, 23 pt < 30 pt.

9.4.3.2. Otra solución recomendada

En este escenario de uso existe otra combinación que equilibra la eficiencia energética y la alteración patrimonial de manera eficaz y que respeta los límites establecidos. Aumentando el espesor del aislamiento de los muros externos de mampostería el ahorro aumenta un 3% y la demanda energética se reduce 418 kWh al año. Sin embargo conlleva una mayor inversión y pérdida de superficie útil

RECOMMENDED INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF	INTERNAL CEILING	INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS			
0 cms 2,31 W/m²K	8 cms 0,40 W/m²K	0 cms 1,69 W/m²K	0 cms 1,69 W/m²K	4 ac/h	4 ac/h	4 ac/h	4 ac/h
EXTERNAL WALLS	INTERNAL STONEWALL	FLOORING		GLAZING TYPE			
12 cms 0,28 W/m²K internal ins.	0 cms 1,73 W/m²K	6 cms 0,40 W/m²K	6 cms 0,40 W/m²K	Double low-e 1,4 W/m²K	Double low-e 1,4 W/m²K	Double low-e 1,4 W/m²K	Double low-e 1,4 W/m²K
HERITAGE INCOMPATIBILITY	25	MAX. VALUE	30	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION	35%	MIN. VALUE	27%
FINAL ENERGY DEMAND				9.233 kWh/year			
ENERGY PERFORMANCE				55,48 kWh/m²/year			
ENERGY SAVING IN THE BUILDING				51 %			

Fig. 281. Recommended intervention for rural house

del caserío, por lo que se recomienda la solución previamente propuesta.

9.4.3.3. Potencial energético

En el previo apartado se ha comentado el potencial energético de las intervenciones, y de esas soluciones se destacan 5 combinaciones eficientes. Éstas pertenecen a soluciones del estándar EnerPHit que requieren un aumento del aislamiento hasta 25 cm o una estanqueidad en el espacio interior de 1 ren/h @50 Pa. Sin embargo este tipo de intervenciones no se recomiendan debido a su alta alteración patrimonial.

9.4.4. Explotación agrícola

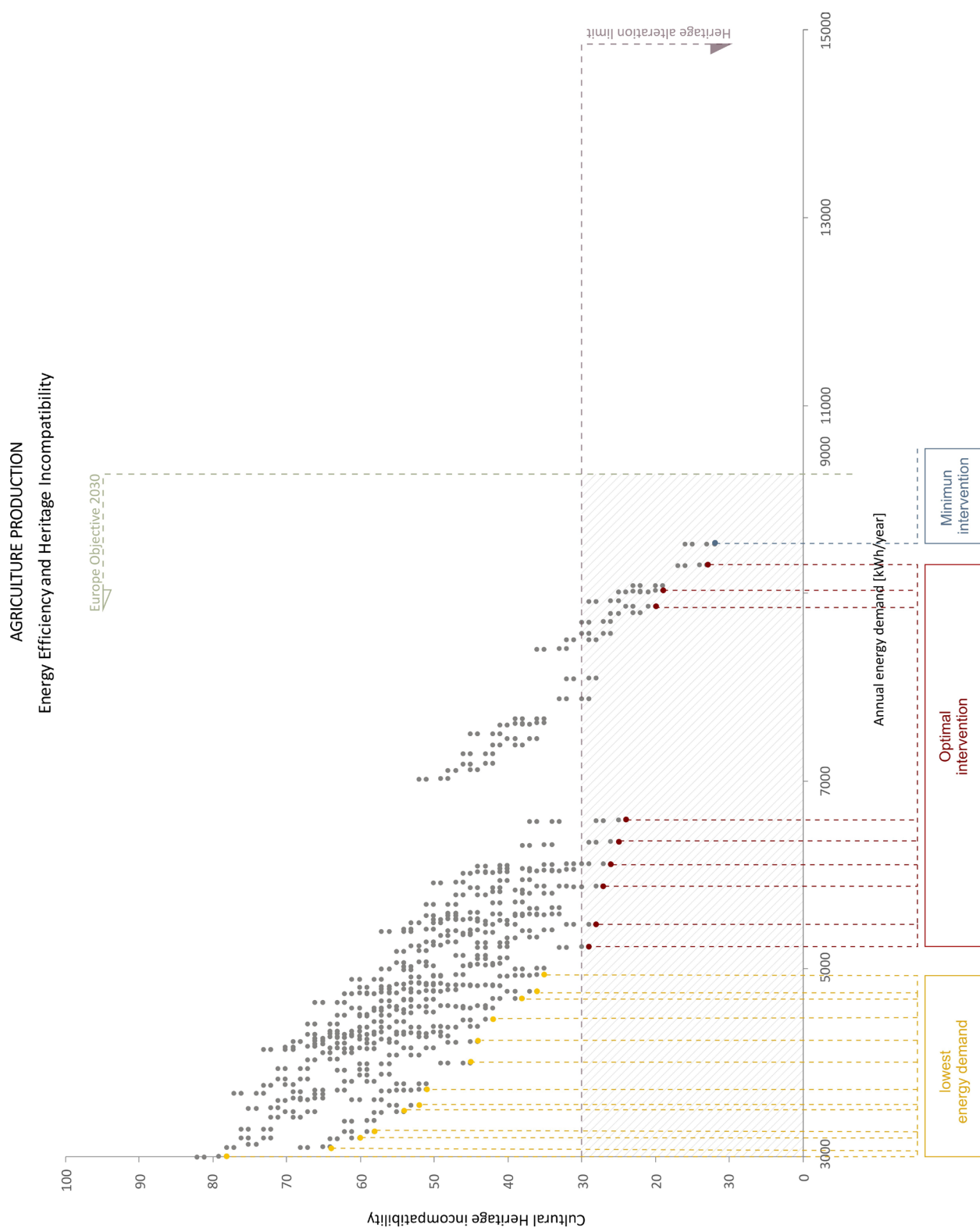


Fig. 282. Intervention strategies' heritage incompatibility and energy efficiency in ecoagriculture exploitation

JOB NUMBER	ROOF INS (cm)	EXT. WALL INTERNAL INS (cm)	EXT. WALL EXTERNAL INS (cm)	CEILING INS (cm)	GROUND INS. (cm)	INTERNAL WALL INS (cm)	INTERNAL STONEWALL INS (cm)	GLAZING (W/m2K)	AIRTIGHTNESS (ac/h @50 Pa)	TOTAL ALTERATION VALUE	ANNUAL ENERGY DEMAND (kWh/year)	TERRITORIAL ENERGY SAVING	INTERVENTION TYPE
1	-	-	-	8	6	-	-	1,4	4	12	9541	33%	MINIMAL
97	-	-	-	12	6	-	-	1,4	4	13	9318	34%	OPTIMAL SOLUTION
25	-	-	-	8	6	-	8	1,4	4	19	9100	36%	
121	-	-	-	12	6	-	8	1,4	4	20	8876	38%	
289	-	8	-	8	6	-	-	1,4	4	24	6596	54%	
313	-	8	-	12	6	-	-	1,4	4	25	6363	55%	
361	-	12	-	8	6	-	-	1,4	4	26	6129	57%	
385	-	12	-	12	6	-	-	1,4	4	27	5890	59%	
433	-	25	-	8	6	-	-	1,4	4	28	5484	61%	
457	-	25	-	12	6	-	-	1,4	4	29	5243	63%	
439	-	25	-	8	6	-	8	1,4	4	35	5010	65%	MINIMUM ENVIRONMENTAL IMPACT
463	-	25	-	12	6	-	8	1,4	4	36	4770	66%	
469	-	25	-	12	6	-	12	1,4	4	38	4694	67%	
487	-	25	-	25	6	-	8	1,4	4	42	4470	69%	
937	-	25	-	8	6	-	-	1,4	1	44	4231	70%	
961	-	25	-	12	6	-	-	1,4	1	45	4003	72%	
985	-	25	-	25	6	-	-	1,4	1	51	3720	74%	
967	-	25	-	12	6	-	8	1,4	1	52	3554	75%	
632	-	-	25	12	6	-	8	0,8	1	69	3482	75%	
991	-	25	-	25	6	-	8	1,4	1	58	3271	77%	
997	-	25	-	25	6	-	12	1,4	1	60	3199	77%	
1005	-	25	-	25	8	-	25	1,4	1	64	3109	78%	
775	-	-	25	25	6	-	25	1,4	1	78	3004	79%	

Fig. 283. Heritage incompatibility and energy efficiency of the best solutions in ecoagricultural exploitation scenario

9.4.4.1. Mínima intervención

Tal y como se aprecia en el gráfico y tabla de resumen la mínima intervención que cumple con los objetivos energéticos de 2030 no requiere una intervención en el muro de mampostería externo. Ésta es la combinación de las estrategias necesarias.

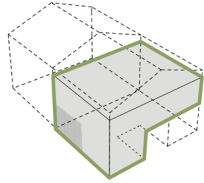


Proporciona un ahorro energético de 33% respecto al edificio referencia, reduciendo su demanda a 9541 kWh/año. La combinación altera por debajo de lo recomendado, 12 pt < 30 pt.









En esta solución es imprescindible mejorar las infiltraciones de la envolvente de piedra hasta conseguir un grado de estanqueidad de 4 ren/h @50Pa.

9.4.4.2. Otras soluciones óptimas

En este escenario de uso existen otras combinaciones que equilibran la eficiencia energética y la alteración patrimonial de manera eficaz y que respetan los límites establecidos.

- **Espesor del aislamiento de los forjados.** La intervención mínima requiere 8 cm de aislamiento en los forjados de madera. Pero sin embargo, dependiendo de la solución constructiva utilizada, aumentar el espesor del aislamiento hasta 12 cm puede ser una solución atractiva. Pues en casos de por ejemplo de forjados unidireccionales de madera, la variación del aislamiento entre viguetas apenas altera la arquitectura y proporciona un ahorro aproximado de 230 kWh/año.
 - **Aislamiento del muro medianero o cortafuegos.** Incorporar 8 cm de aislamiento al muro medianero proporciona un ahorro aproximando de 440 kWh/año, mientras su alteración patrimonial se estima que es de 7 pt. Este buen rendimiento se traduce a que esta estrategia de mejores resultados que incorporación de aislamiento del mampuesto externo.
- Por lo que se recomienda como estrategia de intervención incorporar estas dos actuaciones para mejorar su rendimiento energético.
- **Aislamiento en el muro externo.** Otra de las posibilidades se basa en incorporar aislamiento en los muros exteriores por el interior. Con 8 cm de aislamiento la demanda anual disminuye aproximadamente 2700 kWh, es decir un 21% más de ahorro. Y con 12 cm la disminución es de aproximadamente

AGRICULTURE EXPLOITATION		
		
ORIGINAL ENERGY DEMAND		15.579 kWh/year
ORIGINAL ENERGY PERFORMANCE		126,7 kWh/m²/year

MINIMAL INTERVENTION GUIDELINES					
ROOF	INTERNAL CEILING	INTERNAL WALLS	AIRTIGHTNESS		
 0 cms 2,31 W/m²K	 8 cms 0,40 W/m²K	 0 cms 1,69 W/m²K	 4 ac/h		
EXTERNAL WALLS	INTERNAL STONEWALL	FLOORING	GLAZING TYPE		
 0 cms 1,73 W/m²K	 0 cms 1,73 W/m²K	 6 cms 0,40 W/m²K	 Double low-e 1,4 W/m²K		
HERITAGE INCOMPATIBILITY	12	MAX. VALUE 30	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION	33%	MIN. VALUE 27%
			FINAL ENERGY DEMAND	9.541 kWh/year	
			ENERGY PERFORMANCE	77,63 kWh/m²/year	
			ENERGY SAVING IN THE BUILDING	39 %	









RECOMMENDED INTERVENTION GUIDELINES					
ROOF	INTERNAL CEILING	INTERNAL WALLS	AIRTIGHTNESS		
 0 cms 2,31 W/m²K	 12 cms 0,37 W/m²K	 0 cms 1,69 W/m²K	 4 ac/h		
EXTERNAL WALLS	INTERNAL STONEWALL	FLOORING	GLAZING TYPE		
 8 cms 0,39 W/m²K internal ins.	 0 cms 1,73 W/m²K	 6 cms 0,41 W/m²K	 Double low-e 1,4 W/m²K		
HERITAGE INCOMPATIBILITY	25	MAX. VALUE 30	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION	55%	MIN. VALUE 27%
			FINAL ENERGY DEMAND	6.363 kWh/year	
			ENERGY PERFORMANCE	51,77 kWh/m²/year	
			ENERGY SAVING IN THE BUILDING	59 %	

Fig. 284. Minimal and recommended intervention for ecoagricultural exploitation

3200 kWh/año, aumenta el ahorro en 24%. El ahorro total con 8 cm es de 54% y con 12 cm de 57%.

9.4.4.3. Potencial energético

En el previo apartado se ha comentado el potencial energético de las intervenciones, de las que se destacan 15 soluciones como las más eficientes. Éstas pertenecen a soluciones del estándar EnerPHit que requieren un aumento del aislamiento hasta 25 cm o una estanqueidad en el espacio interior de 1 ren/h @50 Pa. Sin embargo este tipo de intervenciones no se recomiendan debido a su alta alteración patrimonial.

9.4.5. Uso tradicional

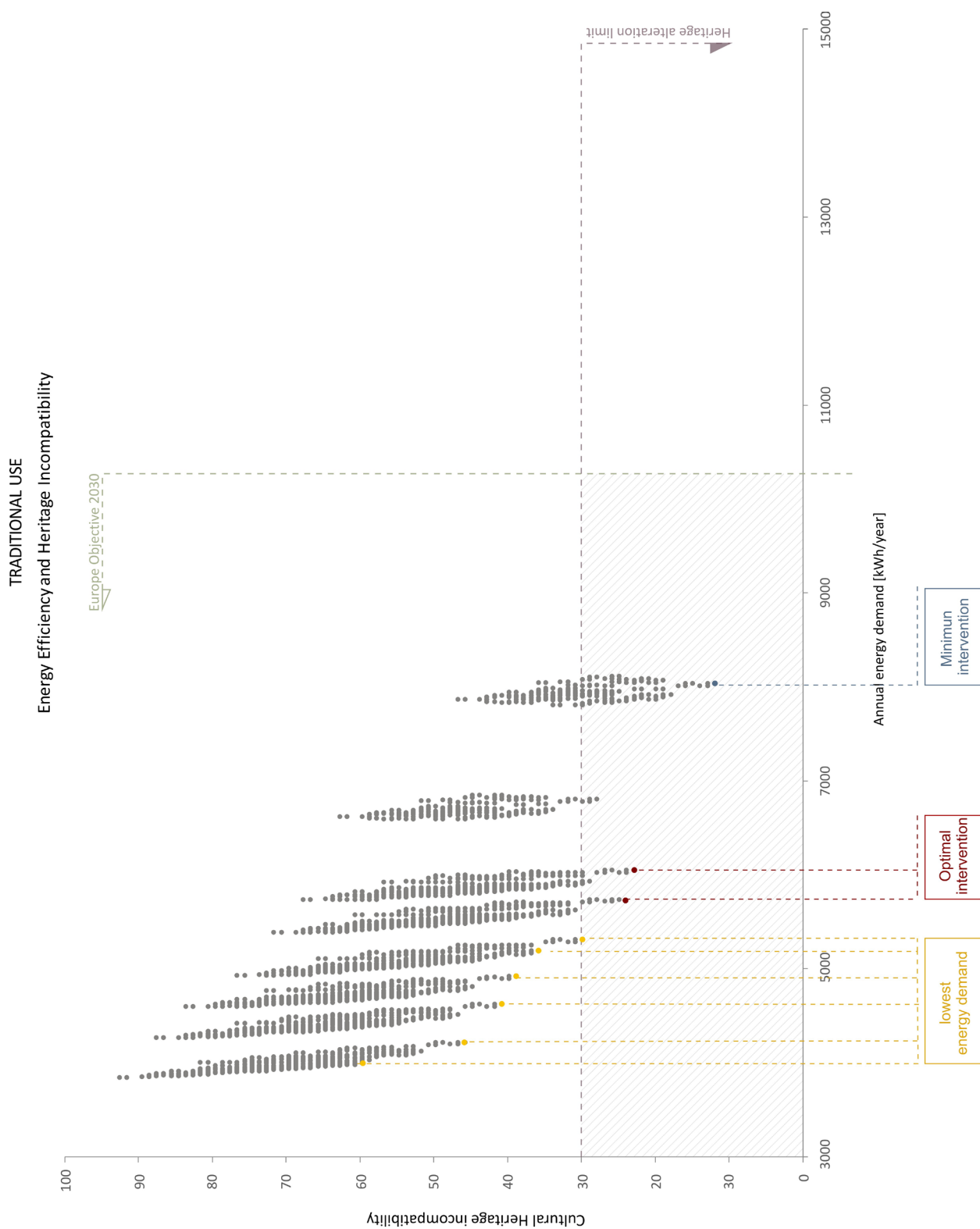


Fig. 285. Intervention strategies' heritage incompatibility and energy efficiency in the traditional exploitation scenario

JOB NUMBER	ROOF INS (cm)	EXT. WALL INTERNAL INS (cm)	EXT. WALL EXTERNAL INS (cm)	CEILING INS (cm)	GROUND INS. (cm)	INTERNAL WALL INS (cm)	INTERNAL STONEWALL INS (cm)	GLAZING (W/m ² K)	AIRTIGHTNESS (ac/h @50 Pa)	TOTAL ALTERATION VALUE	ANNUAL ENERGY DEMAND (kWh/year)	TERRITORIAL ENERGY SAVING	INTERVENTION TYPE
1	-	-	-	8	6	-	-	1,4	4	12	8055	43%	MINIMAL
1153	-	8	-	8	6	-	-	1,4	4	23	6062	57%	OPTIMAL SOLUTION
1441	-	12	-	8	6	-	-	1,4	4	25	5752	60%	
1729	-	25	-	8	6	-	-	1,4	4	30	5322	63%	
3169	-	8	-	8	6	-	-	1,4	1	39	4928	65%	MINIMUM ENVIRONMENTAL IMPACT
3457	-	12	-	8	6	-	-	1,4	1	41	4633	67%	
3745	-	25	-	8	6	-	-	1,4	1	46	4228	70%	
3775	-	25	-	12	6	25	-	1,4	1	58	4069	71%	

Fig. 286. Heritage incompatibility and energy efficiency of the best solutions in the traditional scenario

9.4.5.1. Mínima intervención

Tal y como se aprecia en el gráfico y tabla de resumen la mínima intervención que cumple con los objetivos energéticos de 2030 no requiere una intervención en el muro de mampostería externo. Ésta es la combinación de las estrategias necesarias.

Proporciona un ahorro energético de 43% respecto al edificio referencia, reduciendo su demanda a 8055 kWh/año. La combinación altera por debajo de lo recomendado, 12 pt < 30 pt.

En esta solución es imprescindible mejorar las infiltraciones de la envolvente de piedra hasta conseguir un grado de estanqueidad de 4 ren/h @50Pa.

9.4.5.2. Otras soluciones óptimas

En este escenario de uso existen otras combinaciones que equilibran la eficiencia energética y la alteración patrimonial de manera eficaz y que respetan los límites establecidos.

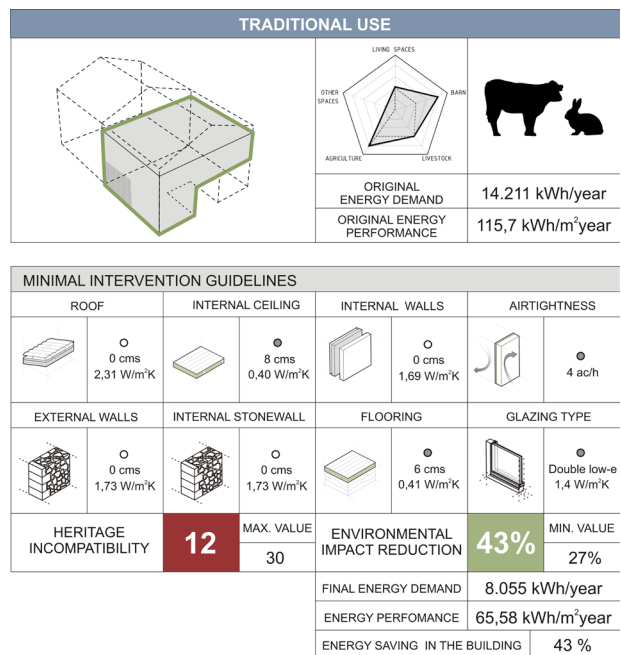


Fig. 287. Minimal intervention for the traditional scenario

- **Aislamiento en el muro externo.**
Otra de las posibilidades se basa en incorporar aislamiento en los muros exteriores por el interior. Con 8 cm de aislamiento la demanda anual disminuye aproximadamente 2000 kWh, es decir un 14% más de ahorro. Y con 12 cm la disminución es de aproximadamente 2300 kWh/año, aumenta el ahorro en 17%. El ahorro total con 8 cm es de 57% y con 12 cm de 60%.









RECOMMENDED INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS	
	0 cms 2,31 W/m ² K		8 cms 0,40 W/m ² K		0 cms 1,69 W/m ² K		4 ach
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE	
	8 cms 0,39 W/m ² K internal ins.		0 cms 1,73 W/m ² K		6 cms 0,41 W/m ² K		Double low-e 1,4 W/m ² K
HERITAGE INCOMPATIBILITY		23	MAX. VALUE 30	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION		57%	MIN. VALUE 27%
				FINAL ENERGY DEMAND		6.602 kWh/year	
				ENERGY PERFORMANCE		53,7 kWh/m ² year	
				ENERGY SAVING IN THE BUILDING		57 %	

Fig. 288. Recommended intervention for the traditional scenario

9.4.5.3. Potencial energético

En el previo apartado se ha comentado el potencial energético de las intervenciones, de las que se destacan 5 soluciones como las más eficientes. Éstas pertenecen a soluciones del estándar EnerPHit que requieren un aumento del aislamiento hasta 25 cm o una estanqueidad en el espacio interior de 1 ren/h @50 Pa. Sin embargo este tipo de intervenciones no se recomiendan debido a su alta alteración patrimonial.

9.4.6. Uso residencial

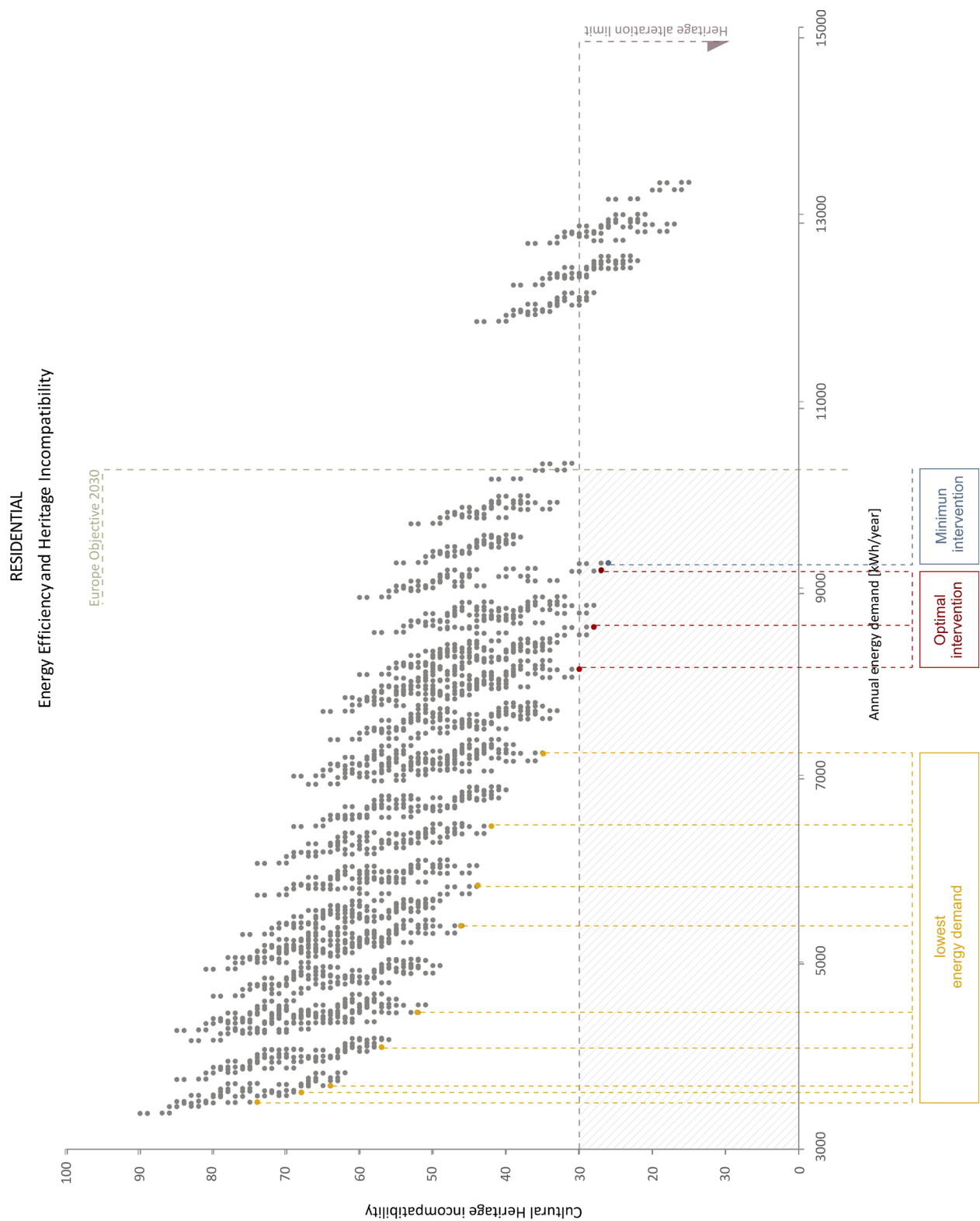


Fig. 289. Intervention strategies' heritage incompatibility and energy efficiency in the residential scenario

JOB NUMBER	ROOF INS (cm)	EXT. WALL INTERNAL INS (cm)	EXT. WALL EXTERNAL INS (cm)	CEILING INS (cm)	GROUND INS. (cm)	INTERNAL WALL INS (cm)	INTERNAL STONEWALL INS (cm)	GLAZING (W/m ² K)	AIRTIGHTNESS (ac/h @50 Pa)	TOTAL ALTERATION VALUE	ANNUAL ENERGY DEMAND (kWh/year)	TERRITORIAL ENERGY SAVING	INTERVENTION TYPE
865	12	8	-	8	6	-	-	1,4	4	26	9330	34%	MINIMAL
889	12	8	-	12	6	-	-	1,4	4	27	9247	35%	OPTIMAL
1081	12	12	-	8	6	-	-	1,4	4	28	8641	39%	
1153	16	12	-	8	6	-	-	1,4	4	30	8184	42%	
1297	12	25	-	8	6	-	-	1,4	4	33	7737	46%	MINIMUM ENVIRONMENTAL IMPACT
1369	16	25	-	8	6	-	-	1,4	4	35	7281	49%	
2377	12	8	-	8	6	-	-	1,4	4	42	6490	54%	
2593	12	12	-	8	6	-	-	1,4	1	44	5839	59%	
2665	16	12	-	8	6	-	-	1,4	1	46	5416	62%	
2905	16	25	-	12	6	-	-	1,4	1	52	4478	68%	
2977	22	25	-	12	6	-	-	1,4	1	57	4104	71%	
695	22	-	25	12	6	12	-	1,4	1	60	6284	56%	
3006	22	25	-	25	22	12	-	1,4	1	73	3576	75%	

9.2.7.1 Mínima intervención

Tal y como se aprecia en el gráfico y tabla de resumen la mínima intervención que cumple con los objetivos energéticos de 2030 se basa en la siguiente combinación:

Fig. 290. Heritage incompatibility and energy efficiency of the best solutions in the residential scenario

9.4.6.1. Mínima intervención

Tal y como se aprecia en el gráfico y tabla de resumen la mínima intervención que cumple con los objetivos energéticos de 2030 se basa en la siguiente combinación:

Proporciona un ahorro energético de 38% respecto al edificio referencia, reduciendo su demanda a 8875 kWh/año. La combinación altera por debajo de lo recomendado, 23 pt < 30 pt.

9.4.6.2. Otras soluciones óptimas

En este escenario de uso existen otras combinaciones que equilibran la eficiencia energética y la alteración patrimonial de manera eficaz y que respetan los límites establecidos.

- **Espesor del aislamiento de los forjados.** La intervención mínima requiere 8 cm de aislamiento en los forjados de madera. Pero sin embargo, dependiendo de la solución constructiva utilizada, aumentar el espesor del

aislamiento hasta 12 cm puede ser una solución atractiva. Pues en casos de por ejemplo de forjados unidireccionales de madera, la variación del aislamiento entre viguetas no altera la arquitectura y proporciona un ahorro aproximado de 80 kWh/año.

- **Espesor del aislamiento en el muro externo.** Otra de las posibilidades se basa en aumentar el espesor del aislamiento del muro externo. Pasando de 8 cm a 12 cm la demanda energética anual disminuye aproximadamente 700

kWh, es decir un 4-5% más de ahorro.

9.4.6.3. Potencial energético

En el previo apartado se ha comentado el potencial energético de las intervenciones, de las que se destacan 15 soluciones como las más eficientes. Éstas pertenecen a soluciones del estándar EnerPHit que requieren un aumento del aislamiento hasta 25 cm o una estanqueidad en el espacio interior de 1 ren/h @50 Pa. Sin embargo este tipo de intervenciones no se recomiendan debido a su alta alteración patrimonial.

RESIDENTIAL USE			
	ORIGINAL ENERGY DEMAND		32.245 kWh/year
	ORIGINAL ENERGY PERFORMANCE		124,6 kWh/m²/year

MINIMAL INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS	
	12 cms 0,29 W/m²K		8 cms 0,40 W/m²K		0 cms 1,69 W/m²K		4 ac/h
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE	
	8 cms 0,39 W/m²K internal ins.		0 cms 1,73 W/m²K		6 cms 0,41 W/m²K		Double low-e 1,4 W/m²K
HERITAGE INCOMPATIBILITY		26	MAX. VALUE	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION		34%	MIN. VALUE
		30				27%	
				FINAL ENERGY DEMAND		9.330 kWh/year	
				ENERGY PERFORMANCE		36,05 kWh/m²/year	
				ENERGY SAVING IN THE BUILDING		69 %	

RECOMMENDED INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS	
	16 cms 0,22 W/m²K		8 cms 0,40 W/m²K		0 cms 1,69 W/m²K		4 ac/h
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE	
	12 cms 0,28 W/m²K internal ins.		0 cms 1,73 W/m²K		6 cms 0,40 W/m²K		Double low-e 1,4 W/m²K
HERITAGE INCOMPATIBILITY		30	MAX. VALUE	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION		42%	MIN. VALUE
		30				27%	
				FINAL ENERGY DEMAND		8.184 kWh/year	
				ENERGY PERFORMANCE		31,62 kWh/m²/year	
				ENERGY SAVING IN THE BUILDING		75 %	

Fig. 291. Minimal and recommended intervention for the residential scenario

9.4.7. Escuela de Agricultura

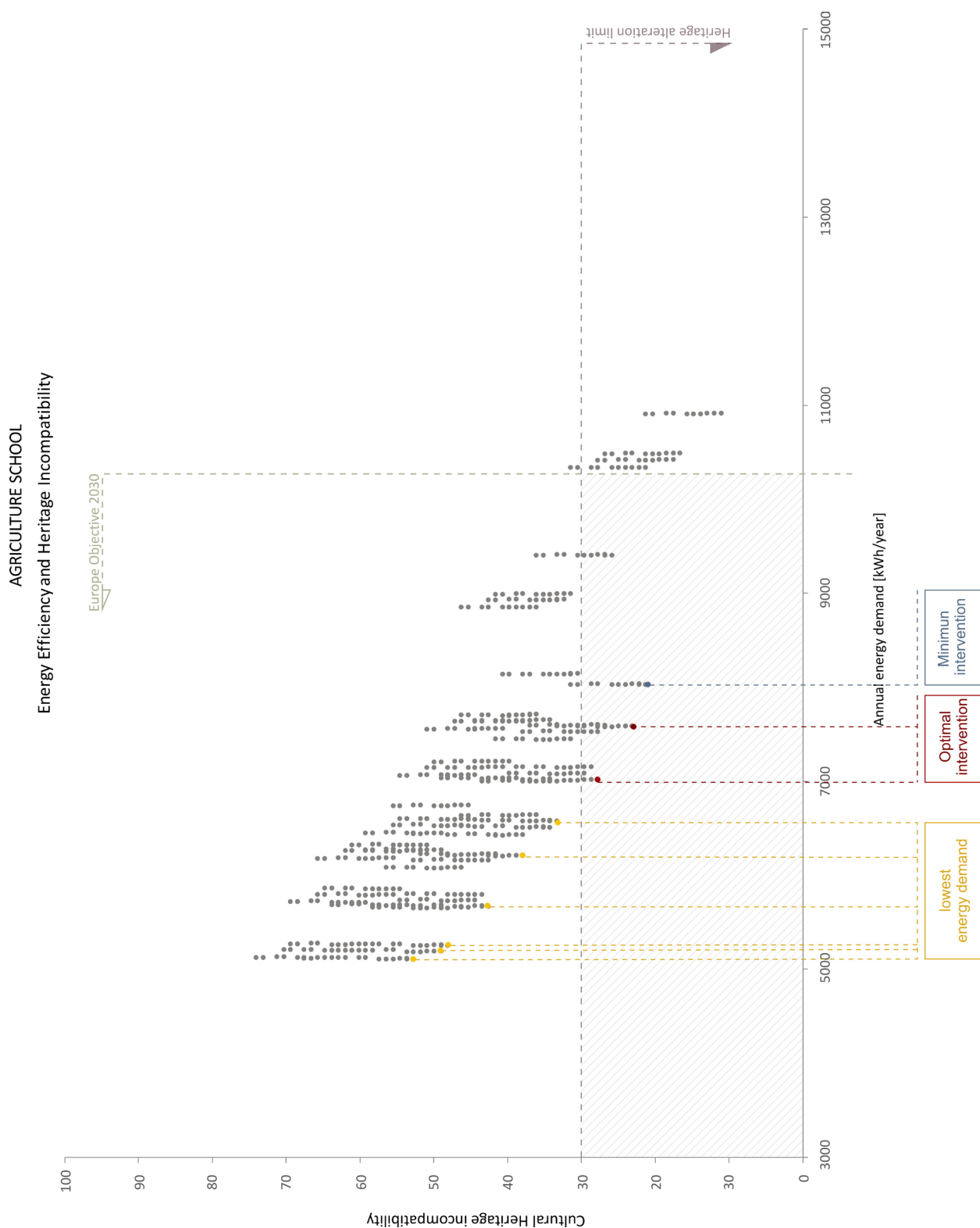


Fig. 292. Intervention strategies' heritage incompatibility and energy efficiency in the agriculture school scenario

JOB NUMBER	ROOF INS (cm)	EXT. WALL INTERNAL INS (cm)	EXT. WALL EXTERNAL INS (cm)	CEILING INS (cm)	GROUND INS. (cm)	INTERNAL WALL INS (cm)	INTERNAL STONEWALL INS (cm)	GLAZING (W/m ² K)	AIRTIGHTNESS (ac/h @ 50 Pa)	TOTAL ALTERATION VALUE (pt)	ANNUAL ENERGY DEMAND (kWh/year)	ENERGY SAVING (%)	INTERVENTION TYPE
9	-	-	-	8	6	8	-	1,4	4	18	10355	27%	MINIMUM
49	-	8	-	8	8	12	-	1,4	4	19	10264	28%	OPTIMAL
289	-	8	-	8	6	-	-	1,4	4	23	8048	43%	
361	-	12	-	8	6	-	-	1,4	4	25	7601	47%	
433	-	25	-	8	6	-	-	1,4	4	30	7029	51%	
443	-	25	-	8	8	8	-	1,4	4	36	6594	54%	MINIMAL ENVIRONMENTAL IMPACT
937	-	25	-	8	6	-	-	1,4	1	46	5680	60%	
947	-	25	-	8	8	8	-	1,4	1	52	5263	63%	
958	-	25	-	8	22	12	-	0,8	1	57	5195	63%	

Fig. 293. Heritage incompatibility and energy efficiency of the best solutions in the agriculture school scenario

9.4.7.1. Mínima intervención

Tal y como se aprecia en el gráfico y tabla de resumen la mínima intervención que cumple con los objetivos energéticos de 2030 se basa en la siguiente combinación:

Proporciona un ahorro energético de 43% respecto al edificio referencia, reduciendo su demanda a 8048 kWh/año. La combinación altera por debajo de lo recomendado, 23 pt < 30 pt.

9.4.7.2. Otra solución óptima

En este escenario de uso existe otra combinación que equilibra la eficiencia energética y la alteración patrimonial de manera eficaz y que respeta los límites establecidos. Aumentando el espesor del aislamiento de los muros externos de mampostería hasta 12 cm el ahorro aumenta un 4% y la demanda energética se reduce en 447 kWh al año. Sin embargo conlleva una mayor inversión económica y pérdida de superficie útil del caserío.

9.4.7.3. Potencial energético

En el previo apartado se ha comentado el potencial

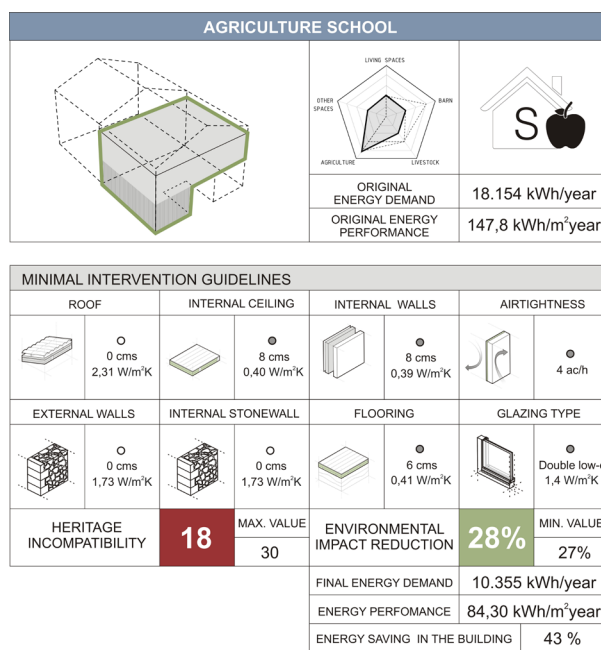


Fig. 294. Minimal intervention for the agriculture school scenario

energético de las intervenciones, de las que se destacan 5 soluciones como las más eficientes. Éstas pertenecen a soluciones del estándar EnerPHit que requieren un aumento del aislamiento hasta 25 cm o una estanqueidad en el espacio interior de 1 ren/h @50 Pa. Sin embargo este tipo de intervenciones no se recomiendan debido a su alta alteración patrimonial.









RECOMMENDED INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS	
	0 cms 2,31 W/m²K		8 cms 0,40 W/m²K		0 cms 1,69 W/m²K		4 ac/h
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE	
	8 cms 0,39 W/m²K internal ins.		0 cms 1,73 W/m²K		6 cms 0,41 W/m²K		Double low-e 1,4 W/m²K
HERITAGE INCOMPATIBILITY	23	MAX. VALUE	30	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION		43%	MIN. VALUE
				FINAL ENERGY DEMAND		8.048 kWh/year	
				ENERGY PERFORMANCE		65,52 kWh/m²year	
				ENERGY SAVING IN THE BUILDING		56 %	

Fig. 295. Recommended intervention for the agriculture school scenario

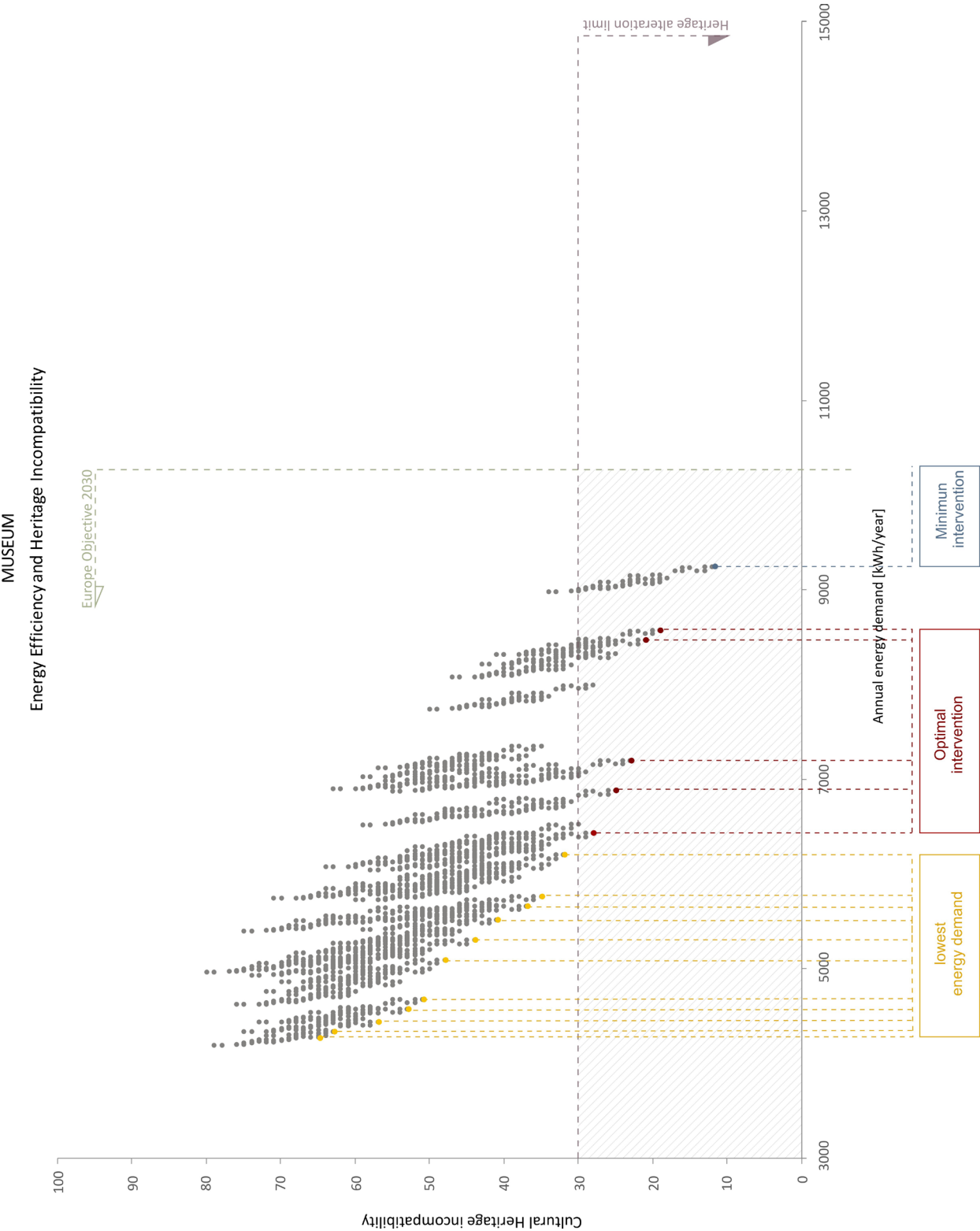


Fig. 296. Intervention strategies' heritage incompatibility and energy efficiency in the museum scenario

JOB NUMBER	ROOF INS (cm)	EXT. WALL INTERNAL INS (cm)	EXT. WALL EXTERNAL INS (cm)	CEILING INS (cm)	GROUND INS. (cm)	INTERNAL WALL INS (cm)	INTERNAL STONEWALL INS (cm)	GLAZING (W/m2K)	AIRTIGHTNESS (ac/h @50 Pa)	TOTAL ALTERATION VALUE	ANNUAL ENERGY DEMAND (kWh/year)	TERRITORIAL ENERGY SAVING	INTERVENTION TYPE
1	-	-	-	8	6	-	-	1,4	4	12	9255	35%	MINIMAL
1153	8	-	-	8	6	-	-	1,4	4	19	8585	40%	OPTIMAL SOLUTION
1441	12	-	-	8	6	-	-	1,4	4	21	8479	40%	
289	-	8	-	8	6	-	-	1,4	4	23	7211	49%	
577	-	12	-	8	6	-	-	1,4	4	25	6891	52%	
865	-	25	-	8	6	-	-	1,4	4	28	6442	55%	
1297	8	12	-	8	6	-	-	1,4	4	32	6212	56%	MINIMUM ENVIRONMENTAL IMPACT
1369	8	25	-	8	6	-	-	1,4	4	35	5775	59%	
1380	8	25	-	8	8	8	-	0,8	4	44	5673	60%	
1945	25	25	-	8	6	-	-	1,4	4	41	5527	61%	
2881	-	25	-	8	6	-	-	1,4	1	44	5311	63%	
3313	8	12	-	8	6	-	-	1,4	1	48	5102	64%	
3385	8	25	-	8	6	-	-	1,4	1	51	4684	67%	
3673	12	25	-	8	6	-	-	1,4	1	53	4582	68%	
3698	12	25	-	12	6	-	-	0,8	1	57	4541	68%	
3961	25	25	-	8	6	-	-	1,4	1	57	4445	69%	
3971	25	25	-	8	8	8	-	1,4	1	63	4342	69%	
3987	25	25	-	12	6	8	-	1,4	1	64	4299	70%	

Fig. 297. Heritage incompatibility and energy efficiency of the best solutions in the museum scenario

9.4.8.1. Mínima intervención

Tal y como se aprecia en el gráfico y tabla de resumen la mínima intervención que cumple con los objetivos energéticos de 2030 se basa en la siguiente combinación:

Proporciona un ahorro energético de 35% respecto al edificio referencia, reduciendo su demanda a 9255 kWh/año. La combinación altera por debajo de lo recomendado, 12 pt < 30 pt.

En esta solución es imprescindible mejorar las infiltraciones de la envolvente de piedra hasta conseguir un grado de estanqueidad de 4 ren/h @50Pa.

9.4.8.2. Otras soluciones óptimas

En este escenario de uso existen otras combinaciones que equilibran la eficiencia energética y la alteración patrimonial de manera eficaz y que respetan los límites establecidos.

- **Aislamiento en la cubierta.** A pesar de que en este escenario de uso el aislamiento de la cubierta no sea necesaria, introduciendo 8 cm se produce un ahorro energético de casi 700 kWh al año, llegando hasta el 40% respecto al edificio de referencia.

- **Aislamiento en el muro externo.** Otra de las posibilidades se basa en aislar el muro externo de mampostería por la cara interna de las zonas acondicionadas. Incorporando 8 cm de aislamiento la demanda energética anual disminuye más de 2000 kWh, es decir un 14% más de ahorro respecto al edificio de referencia.

12 cm aumentaría el ahorro en 300 kWh más al año, llegando a un ahorro de 52% respecto al edificio de referencia.

9.4.8.3. Potencial energético

En el previo apartado se ha comentado el potencial energético de las intervenciones, de las que se destacan 13 soluciones como las más eficientes. Éstas pertenecen a soluciones del estándar EnerPHit que requieren un aumento del aislamiento hasta 25 cm o una estanqueidad en el espacio interior de 1 ren/h @50 Pa. Sin embargo este tipo de intervenciones no se recomiendan debido a su alta alteración patrimonial.

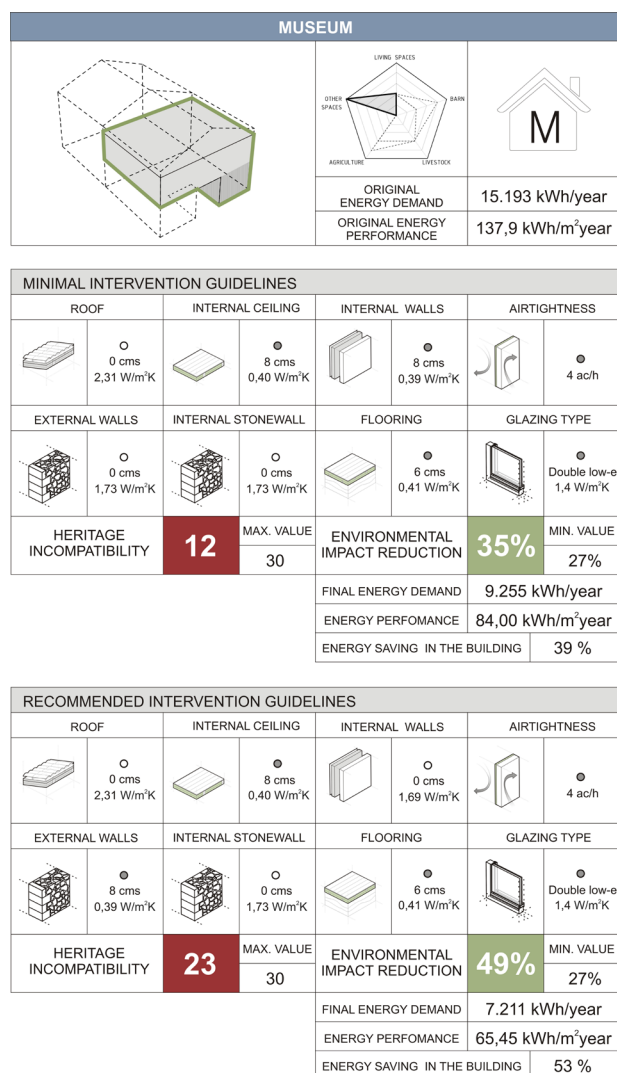


Fig. 298. Recommended intervention for the agriculture school scenario

10. DIRECTRICES DE INTERVENCIÓN PARA UNA REHABILITACIÓN EQUILIBRADA DEL CASO DE ESTUDIO

10. INTERVENTION GUIDELINES FOR A BALANCED RETROFIT OF THE CASE STUDY

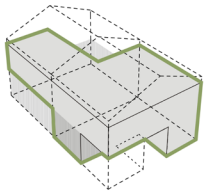


El objetivo principal de esta experimentación es acotar unas directrices de intervención para cada escenario de uso del caserío Torre. Se recopilan los resultados generados en la experimentación y se elaboran unas fichas de intervención y de rendimiento energético/patrimonial.









Se diferencian en dos tipos de directrices: de mínima intervención y la intervención recomendada.

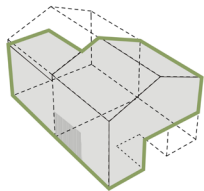


The aim of this experimentation is to identify some guidelines for intervention for each user scenario of the case study. The results are collected and some sheets that show the constructive solutions and the energy demand and the heritage incompatibility rate are elaborated.









Two different guidelines sheets are created: one for the minimal intervention and the other one for recommended intervention.

10.1. DIRECTRICES DE INTERVENCIÓN MÍNIMA

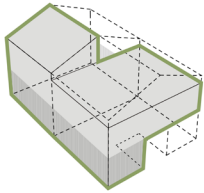


AGRI-TOURISM		
		
ORIGINAL ENERGY DEMAND		17.188 kWh/year
ORIGINAL ENERGY PERFORMANCE		139,9 kWh/m ² /year









MINIMAL INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS	
	0 cms 2,31 W/m ² K		8 cms 0,40 W/m ² K		0 cms 1,69 W/m ² K		4 ac/h
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE	
	0 cms 1,73 W/m ² K		0 cms 1,73 W/m ² K		8 cms 0,37 W/m ² K		Double low-e 1,4 W/m ² K
HERITAGE INCOMPATIBILITY	12	MAX. VALUE	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION		28%	MIN. VALUE	
		30				27%	
		FINAL ENERGY DEMAND		10.276 kWh/year			
		ENERGY PERFORMANCE		83,64 kWh/m ² /year			
ENERGY SAVING IN THE BUILDING			40 %				

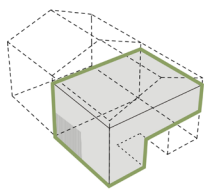


RURAL HOUSE		
		
ORIGINAL ENERGY DEMAND		30.195 kWh/year
ORIGINAL ENERGY PERFORMANCE		130,7 kWh/m ² /year

MINIMAL AND RECOMMENDED INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS	
	● 16 cms 0,22 W/m ² K		● 8 cms 0,40 W/m ² K		○ 0 cms 1,69 W/m ² K		● 4 ach
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE	
	● 12 cms 0,28 W/m ² K internal ins.		○ 0 cms 1,73 W/m ² K		● 6 cms 0,40 W/m ² K		● Double low-e 1,4 W/m ² K
HERITAGE INCOMPATIBILITY	30	MAX. VALUE 30		ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION	28%	MIN. VALUE 27%	
FINAL ENERGY DEMAND				10.236 kWh/year			
ENERGY PERFORMANCE				44,3 kWh/m ² /year			
ENERGY SAVING IN THE BUILDING				66 %			

10.1. MINIMAL INTERVENTION GUIDELINES

RESTAURANT		
		
ORIGINAL ENERGY DEMAND		18,723 kWh/year
ORIGINAL ENERGY PERFORMANCE		112,5 kWh/m ² /year

MINIMAL INTERVENTION GUIDELINES								
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS		
	0 cms 2,31 W/m ² K		8 cms 0,40 W/m ² K		0 cms 1,69 W/m ² K		4 ach	
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE		
	8 cms 0,39 W/m ² K internal ins.		0 cms 1,73 W/m ² K		6 cms 0,40 W/m ² K		Double low-e 1,4 W/m ² K	
HERITAGE INCOMPATIBILITY	23	MAX. VALUE	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION			32%	MIN. VALUE	
		27					27%	
		FINAL ENERGY DEMAND					9.651 kWh/year	
		ENERGY PERFORMANCE					57,98 kWh/m ² /year	
ENERGY SAVING IN THE BUILDING					48 %			

AGRICULTURE EXPLOITATION		
		
ORIGINAL ENERGY DEMAND		15.579 kWh/year
ORIGINAL ENERGY PERFORMANCE		126,7 kWh/m ² /year









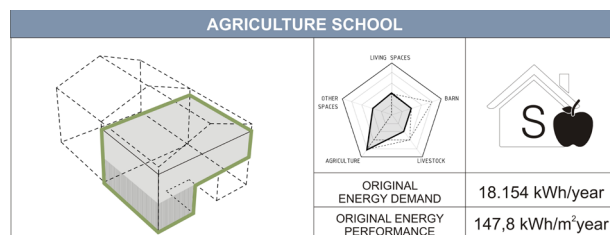
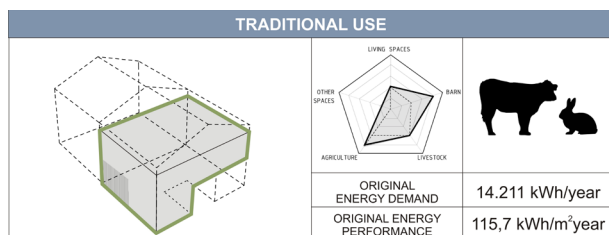
















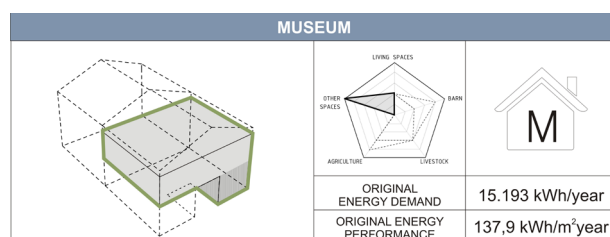
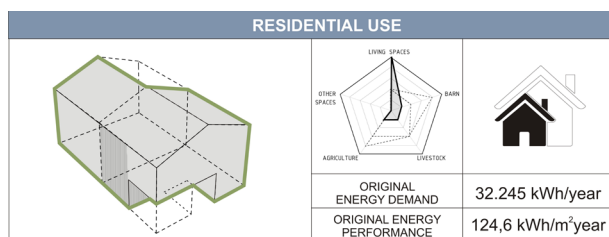
MINIMAL INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS	
	0 cms 2,31 W/m ² K		8 cms 0,40 W/m ² K		0 cms 1,69 W/m ² K		4 ac/h
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE	
	0 cms 1,73 W/m ² K		0 cms 1,73 W/m ² K		6 cms 0,40 W/m ² K		Double low-e 1,4 W/m ² K
HERITAGE INCOMPATIBILITY	12	MAX. VALUE	30	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION	33%	MIN. VALUE	27%
FINAL ENERGY DEMAND					9.541 kWh/year		
ENERGY PERFORMANCE					77,63 kWh/m ² /year		
ENERGY SAVING IN THE BUILDING					39 %		









Fig. 299. Guidelines for minimal intervention in Torre baserri



MINIMAL INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS	
	0 cms 2,31 W/m ² K		8 cms 0,40 W/m ² K		0 cms 1,69 W/m ² K		4 ach
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE	
	0 cms 1,73 W/m ² K		0 cms 1,73 W/m ² K		6 cms 0,41 W/m ² K		Double low-e 1,4 W/m ² K
HERITAGE INCOMPATIBILITY	12	MAX. VALUE	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION			43%	MIN. VALUE
		30					27%
		FINAL ENERGY DEMAND			8.055 kWh/year		
		ENERGY PERFORMANCE			65,58 kWh/m ² /year		
			ENERGY SAVING IN THE BUILDING			43 %	

MINIMAL INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS	
	0 cms 2,31 W/m ² K		8 cms 0,40 W/m ² K		8 cms 0,39 W/m ² K		4 ach
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE	
	0 cms 1,73 W/m ² K		0 cms 1,73 W/m ² K		6 cms 0,41 W/m ² K		Double low-e 1,4 W/m ² K
HERITAGE INCOMPATIBILITY	18	MAX. VALUE	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION			28%	MIN. VALUE
		30					27%
		FINAL ENERGY DEMAND			10.355 kWh/year		
		ENERGY PERFORMANCE			84,30 kWh/m ² /year		
			ENERGY SAVING IN THE BUILDING			43 %	



MINIMAL INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS	
	● 12 cms 0,29 W/m ² K		● 8 cms 0,40 W/m ² K		○ 0 cms 1,69 W/m ² K		● 4 ach
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE	
	● 8 cms 0,39 W/m ² K internal ins.		○ 0 cms 1,73 W/m ² K		● 6 cms 0,41 W/m ² K		● Double low-e 1,4 W/m ² K
HERITAGE INCOMPATIBILITY		26		MAX. VALUE 30		ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION	
						34%	
						MIN. VALUE 27%	
						FINAL ENERGY DEMAND	
						9.330 kWh/year	
						ENERGY PERFORMANCE	
						36,05 kWh/m ² /year	
						ENERGY SAVING IN THE BUILDING	
						69 %	









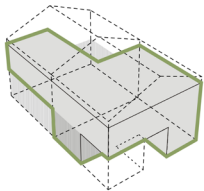










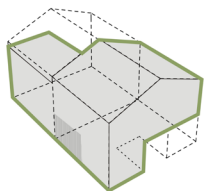


MINIMAL INTERVENTION GUIDELINES									
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS			
	0 cms 2,31 W/m ² K		8 cms 0,40 W/m ² K		8 cms 0,39 W/m ² K		4 ach		
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE			
	0 cms 1,73 W/m ² K		0 cms 1,73 W/m ² K		6 cms 0,41 W/m ² K		Double low-e 1,4 W/m ² K		
HERITAGE INCOMPATIBILITY		12		MAX. VALUE 30		ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION 35%		MIN. VALUE 27%	
				FINAL ENERGY DEMAND		9.255 kWh/year			
				ENERGY PERFORMANCE		84,00 kWh/m ² /year			
				ENERGY SAVING IN THE BUILDING		39 %			









Fig. 300. Guidelines for minimal intervention in Torre baserri

10.2. DIRECTRICES DE INTERVENCIÓN RECOMENDADA

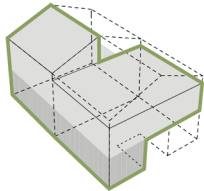


AGRI-TOURISM		
		
ORIGINAL ENERGY DEMAND		17.188 kWh/year
ORIGINAL ENERGY PERFORMANCE		139,9 kWh/m²/year









MINIMAL INTERVENTION GUIDELINES					
ROOF	INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS
 0 cms 2,31 W/m²K	 8 cms 0,40 W/m²K		 0 cms 1,69 W/m²K	 4 ac/h	
EXTERNAL WALLS	INTERNAL STONEWALL	FLOORING	GLAZING TYPE		
 8 cms 0,39 W/m²K internal ins.	 0 cms 1,73 W/m²K	 6 cms 0,40 W/m²K	 Double low-e 1,4 W/m²K		
HERITAGE INCOMPATIBILITY	23	MAX. VALUE 30	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION	47%	MIN. VALUE 27%
		FINAL ENERGY DEMAND		7.600 kWh/year	
		ENERGY PERFORMANCE		61,85 kWh/m²/year	
		ENERGY SAVING IN THE BUILDING		56 %	

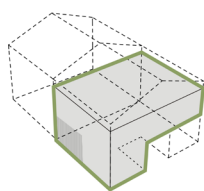
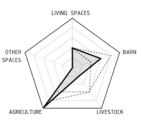

RURAL HOUSE		
		
ORIGINAL ENERGY DEMAND		30.195 kWh/year
ORIGINAL ENERGY PERFORMANCE		130,7 kWh/m²/year









MINIMAL AND RECOMMENDED INTERVENTION GUIDELINES					
ROOF	INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS
 16 cms 0,22 W/m²K	 8 cms 0,40 W/m²K		 0 cms 1,69 W/m²K	 4 ac/h	
EXTERNAL WALLS	INTERNAL STONEWALL	FLOORING	GLAZING TYPE		
 12 cms 0,28 W/m²K internal ins.	 0 cms 1,73 W/m²K	 6 cms 0,40 W/m²K	 Double low-e 1,4 W/m²K		
HERITAGE INCOMPATIBILITY	30	MAX. VALUE 30	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION	28%	MIN. VALUE 27%
		FINAL ENERGY DEMAND		10.236 kWh/year	
		ENERGY PERFORMANCE		44,3 kWh/m²/year	
		ENERGY SAVING IN THE BUILDING		66 %	

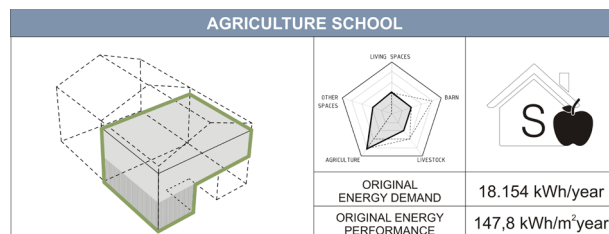
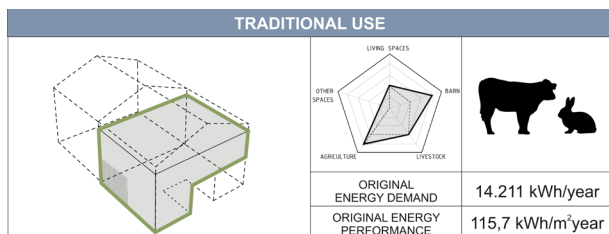
10.2. RECOMMENDED INTERVENTION GUIDELINES









RESTAURANT		
		
ORIGINAL ENERGY DEMAND		18,723 kWh/year
ORIGINAL ENERGY PERFORMANCE		112,5 kWh/m²/year









RECOMMENDED INTERVENTION GUIDELINES					
ROOF	INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS
 0 cms 2,31 W/m²K	 8 cms 0,40 W/m²K		 0 cms 1,69 W/m²K	 4 ac/h	
EXTERNAL WALLS	INTERNAL STONEWALL	FLOORING	GLAZING TYPE		
 12 cms 0,28 W/m²K internal ins.	 0 cms 1,73 W/m²K	 6 cms 0,40 W/m²K	 Double low-e 1,4 W/m²K		
HERITAGE INCOMPATIBILITY	25	MAX. VALUE 30	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION	35%	MIN. VALUE 27%
		FINAL ENERGY DEMAND		9.233 kWh/year	
		ENERGY PERFORMANCE		55,48 kWh/m²/year	
		ENERGY SAVING IN THE BUILDING		51 %	

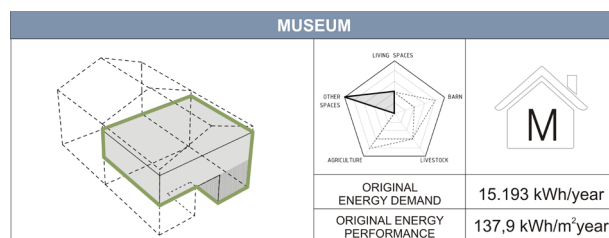
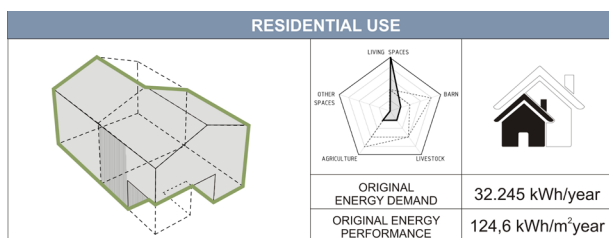
AGRICULTURE EXPLOITATION		
		
ORIGINAL ENERGY DEMAND		15.579 kWh/year
ORIGINAL ENERGY PERFORMANCE		126,7 kWh/m²/year









RECOMMENDED INTERVENTION GUIDELINES					
ROOF	INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS
 0 cms 2,31 W/m²K	 12 cms 0,37 W/m²K		 0 cms 1,69 W/m²K	 4 ac/h	
EXTERNAL WALLS	INTERNAL STONEWALL	FLOORING	GLAZING TYPE		
 8 cms 0,39 W/m²K internal ins.	 0 cms 1,73 W/m²K	 6 cms 0,41 W/m²K	 Double low-e 1,4 W/m²K		
HERITAGE INCOMPATIBILITY	25	MAX. VALUE 30	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION	55%	MIN. VALUE 27%
		FINAL ENERGY DEMAND		6.363 kWh/year	
		ENERGY PERFORMANCE		51,77 kWh/m²/year	
		ENERGY SAVING IN THE BUILDING		59 %	



RECOMMENDED INTERVENTION GUIDELINES						
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS
 0 cms 2,31 W/m ² K	 8 cms 0,40 W/m ² K	 0 cms 1,69 W/m ² K	 4 ach			
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE
 8 cms 0,39 W/m ² K internal ins.	 0 cms 1,73 W/m ² K	 6 cms 0,41 W/m ² K	 Double low-e 1,4 W/m ² K			
HERITAGE INCOMPATIBILITY	23	MAX. VALUE 30	ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION		57%	MIN. VALUE 27%
			FINAL ENERGY DEMAND		6.602 kWh/year	
			ENERGY PERFORMANCE		53,7 kWh/m ² /year	
			ENERGY SAVING IN THE BUILDING		57 %	

RECOMMENDED INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS	
	0 cms 2,31 W/m ² K		8 cms 0,40 W/m ² K		0 cms 1,69 W/m ² K		4 ac/h
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE	
	8 cms 0,39 W/m ² K internal ins.		0 cms 1,73 W/m ² K		6 cms 0,41 W/m ² K		Double low-e 1,4 W/m ² K
HERITAGE INCOMPATIBILITY		23		MAX. VALUE 30		ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION 43%	
				FINAL ENERGY DEMAND		8.048 kWh/year	
				ENERGY PERFORMANCE		65,52 kWh/m ² /year	
				ENERGY SAVING IN THE BUILDING		56 %	



RECOMMENDED INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS	
	● 16 cms 0,22 W/m ² K		● 8 cms 0,40 W/m ² K		○ 0 cms 1,69 W/m ² K		● 4 ach
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE	
	● 12 cms 0,28 W/m ² K internal ins.		○ 0 cms 1,73 W/m ² K		● 6 cms 0,40 W/m ² K		● Double low-e 1,4 W/m ² K
HERITAGE INCOMPATIBILITY		30		MAX. VALUE		ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION	
		30				42%	
				MIN. VALUE		27%	
FINAL ENERGY DEMAND						8.184 kWh/year	
ENERGY PERFORMANCE						31,62 kWh/m ² /year	
ENERGY SAVING IN THE BUILDING						75 %	









RECOMMENDED INTERVENTION GUIDELINES							
ROOF		INTERNAL CEILING		INTERNAL WALLS		AIRTIGHTNESS	
	0 cms 2,31 W/m ² K		8 cms 0,40 W/m ² K		0 cms 1,69 W/m ² K		4 ac/h
EXTERNAL WALLS		INTERNAL STONEWALL		FLOORING		GLAZING TYPE	
	8 cms 0,39 W/m ² K		0 cms 1,73 W/m ² K		6 cms 0,41 W/m ² K		Double low-e 1,4 W/m ² K
HERITAGE INCOMPATIBILITY		23		MAX. VALUE 30		ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION 49%	
						MIN. VALUE 27%	
FINAL ENERGY DEMAND						7.211 kWh/year	
ENERGY PERFORMANCE						65,45 kWh/m ² /year	
ENERGY SAVING IN THE BUILDING						53 %	

Fig. 302. Guidelines for recommended intervention in Torre baserri

10.3. DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO PARAMÉTRICO DE LAS INTERVENCIONES ÓPTIMAS

Se genera una tabla de resumen de todas las directrices

10.3. DISCUSSION ABOUT THE RESULTS OF THE PARAMETRIC STUDY OF THE OPTIMAL INTERVENTIONS

A summary table of all of the guidelines is carried out.

	ROOF INS (cm)	EXT. WALL INTERNAL INS (cm)	EXT. WALL EXTERNAL INS (cm)	CEILING INS (cm)	GROUND INS. (cm)	INTERNAL WALL INS (cm)	INTERNAL STONEWALL INS (cm)	GLAZING (W/m2k)	AIRTIGHTNESS (ac/h @50 Pa)	TOTAL HERITAGE ALTERATION VALUE (pt)	ORIGINAL ANNUAL ENERGY DEMAND (kWh/year)	FINAL ANNUAL ENERGY DEMAND (kWh/year)	ENERGY SAVING	TERRITORIAL SAVING
AGROTOURISM														
Minimal intervention	-	-	-	8	8	-	-	0,9	4	12	17188	10276	40%	28%
Recommended inter.	-	8	-	8	6	-	-	0,9	4	23		7600	56%	47%
RURAL HOUSE														
Recommended inter.	16	12	-	8	6	-	-	0,9	4	30	30195	10236	66%	28%
RESTAURANT														
Minimal intervention	-	8	-	8	6	-	-	0,9	4	23	18723	10276	45%	28%
Recommended inter.	-	12	-	8	6	-	-	0,9	4	25		9233	51%	35%
AGRICULTURE PRODUCTION														
Minimal intervention	-	-	-	8	6	-	-	0,9	4	12	15570	9541	39%	33%
Recommended inter.	-	8	-	12	6	-	-	0,9	4	25		6363	59%	55%
TRADITIONAL USE														
Minimal intervention	-	-	-	8	6	-	-	0,9	4	12	14211	8055	43%	43%
Recommended inter.	-	8	-	8	6	-	-	0,9	4	23		6062	57%	57%
RESIDENTIAL USE														
Minimal intervention	16	8	-	8	6	-	-	0,9	4	26	32245	8875	72%	38%
Recommended inter.	16	12	-	8	6	-	-	0,9	4	30		8184	75%	42%
ECOAGRICULTURE SCHOOL														
Minimal intervention	-	8	-	8	6	-	8	0,9	4	18	18154	10355	43%	27%
Recommended inter.	8	8	-	8	6	-	-	0,9	4	23		8048	56%	43%
MUSEUM														
Minimal intervention	-	8	-	8	6	-	-	0,9	4	12	15193	9255	39%	35%
Recommended inter.	8	8	-	8	6	-	-	0,9	4	23		7211	53%	49%

Fig. 303. Summary of the best solutions' and their heritage alteration and energy efficiency in all of the user scenarios

El hecho de establecer unos límites para la demanda energética -mínimo 27% respecto al caserío de referencia- y para la incompatibilidad patrimonial -máximo 30 pt- permite garantizar una adaptación respetuosa y más sostenible del caserío.

Además se pueden realizar las siguientes interpretaciones:

- **Adaptación eficaz a los objetivos europeos energéticos para 2030.**

La primera conclusión que se extrae desde esta experimentación es que es factible adaptar el caserío Torre en todos los nuevos escenarios de usos propuestos a los objetivos europeos energéticos para 2030 respetando sus valores patrimoniales.

Por lo que esta adaptación del caserío se puede entender como una estrategia para acercarse hacia un territorio rural más sostenible que pone en valor su memoria.

- **Los escenarios de sector primario son los que menos intervención arquitectónica requieren.**

Tal y como se aprecia en el gráfico de la Fig. 290, los escenarios de uso que mantienen una relación con el sector primario, tales como la explotación agrícola, uso tradicional o el agroturismo, son los que menos intervención requieren para llegar al objetivo energético. Como se comenta en el previo apartado, esto se debe a que el espacio interior dedicado a la función de sector primario se sitúa en las estancias más desfavorables y puesto que no se requiere confort higrotérmico en estas estancias, la cantidad de energía necesaria para estos escenarios es menor. Por ello la demanda energética y la alteración arquitectónica en estos casos es considerablemente menor que la casa rural o el uso residencial.

During the experiment two limitations have been established to guarantee a more sustainable and sensitive adaptation of Basque farmhouse. The first one is based on the maximum energy demand of the building -27% of energy saving in respect to the reference farmhouse demand- and the second one on the maximum heritage incompatibility.

These are some conclusions of the experiment:

- **Effective adaptation to the European energy objectives for 2030.**

The first conclusion of this experimentation is that it is feasible to adapt Torre farmhouse in all of user scenarios to the European energy objective for 2030 while its heritage values preserve.

Therefore this adaptation of farmhouses can be understood as a strategy to approach a more sustainable and sensitive rural territory.

- **Scenarios which are related to the first sector require a smaller intervention.**

As the fig. 290 shows, the scenarios related to the first sector, such as agricultural exploitations, the traditional use or agritourism, are the ones which require the smallest intervention in order to meet the energy objective. The internal spaces which are devoted to the first sector are located in the rooms with the worst conditions, and since there is no need for comfort there, the amount of energy necessary in these scenarios is lower. This is the reason why their energy demand and heritage incompatibility requirements are lower than other user scenarios as the rural houses and residential scenario.

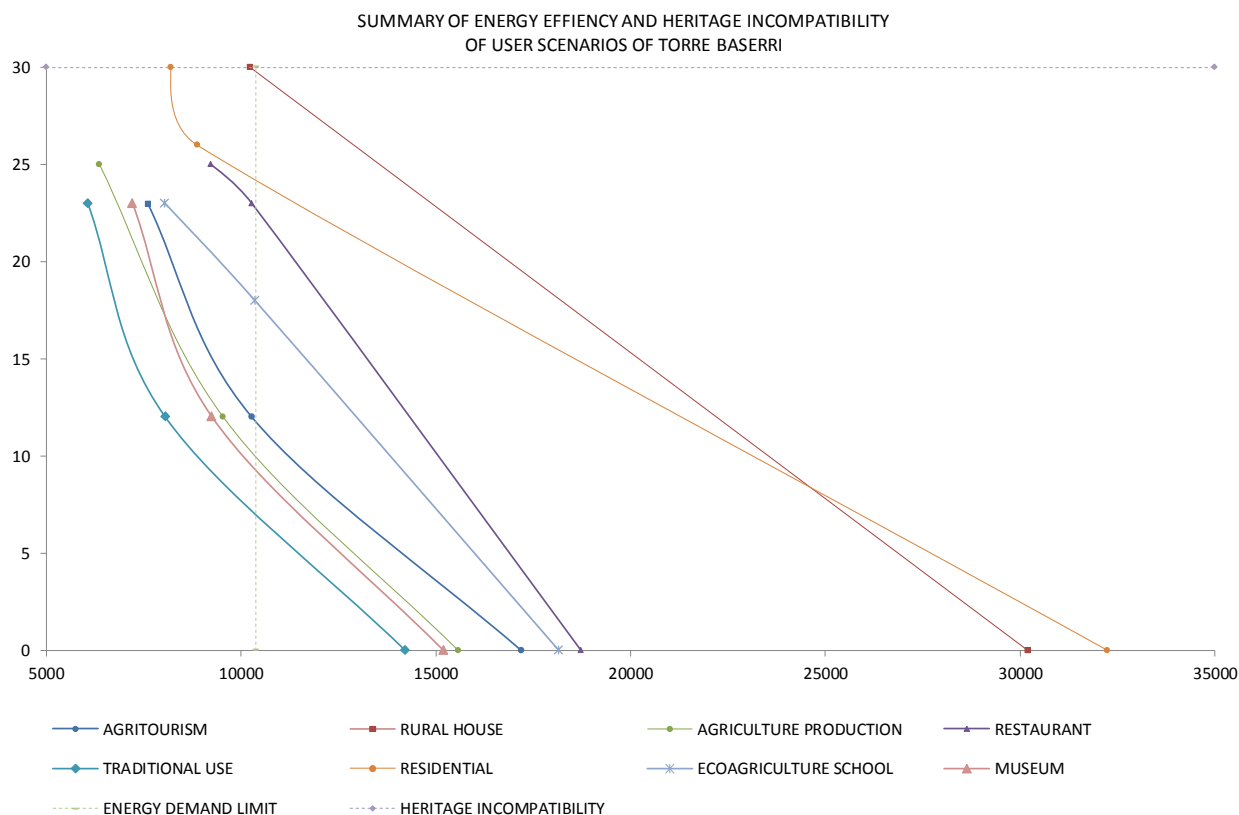


Fig. 304. Summary of energy efficiency and heritage incompatibility of user scenarios of Torre Baserrí

- **El escenario residencial y casa rural exigen especial sensibilidad.**

Esta experimentación demuestra que estos escenarios de usos efectivamente requieren especial atención. Como las soluciones que cumplen el objetivo medioambiental y de incompatibilidad patrimonial son muy reducidas, apenas existe flexibilidad en la intervención. Por ello es estos escenarios de usos, requieren especial sensibilidad del técnico o del profesional que vaya a intervenir.

- **Potencial energético de las actuaciones recomendadas.**

Los límites establecidos en la incompatibilidad patrimonial, además de permitir la adaptación a los objetivos europeos de todos escenarios, posibilita un potencial energético que llega hasta 57% de ahorro respecto al edificio de referencia. Además disminuye más de 40% de la demanda en 6 de 8

- **The residential scenario and rural houses require special sensitivity.**

This experimentation demonstrates that these user scenarios can multiply the annual energy demand twofold. As the intervention required is bigger and the recommended strategies are limited, there is little flexibility when making the decision. These adaptations need to intervene with special care and sensitivity to the heritage.

- **The energy potential of the recommended interventions.**

Although there have been established some heritage incompatibility limitations, Torre farmhouse shows a big energy potential. Respecting these limitations, it is able to reduce the energy demand in 57% comparing to the “reference farmhouse” and to fulfill the energy requirements of European

escenarios, con un promedio de 45%.

De manera que en el supuesto de que las características del caserío Torre fueran extrapolables, y si se dibujase un nuevo territorio en la Reserva de Biosfera de Urdaibai donde los caseríos han adaptado los escenarios de uso propuestos de manera equitativa y equilibrada, e implantando los paquetes de medidas propuestas en esta experimentación, se disminuiría en 45% el impacto medioambiental territorial producido por los caseríos.

- **Posible preservación de la textura original de los muros externos.**

La mínima alteración en escenarios de sector primario para conseguir el objetivo europeo de 2030 es de 12 pt, mientras el uso residencial y la casa rural requieren por lo menos una intervención de 26pt y 30pt respectivamente.

La mínima intervención, de 12 pt, permite no aislar los muros externos a pesar de que su tratamiento para reducir la capilaridad y para controlar las infiltraciones será necesario. Además esta estrategia implica 8 cm de aislamiento entre forjados, 6 cm en suelo y doble acristalamiento bajo emisivo con argón en los huecos de la envolvente de los espacios calefactados. También es necesario garantizar una estanqueidad de por lo menos 4 ren/h @50 Pa -véase siguiente ilustración-.

Este paquete de actuaciones sirve para adaptar el caserío Torre con el escenario de uso de agroturismo, de explotación agrícola, museo y manteniendo la función tradicional.

objectives in all of the user scenarios. And furthermore, the energy saving is more than 40% in 6 different scenarios and its average energy saving is 45%.

This means that if Torre farmhouse's characteristics could be extrapolated and a new Urdaibai Biosphere Reserve where the farmhouses are retrofit taking into account the guidelines of this experimentation is drawn, the environmental impact produced by the farmhouses in this territory would be reduced by 45%.

- **Possible preservation of the original texture of the external walls.**

The minimum alteration required to get the European objectives for 2030 is of 12 pt, while the residential and the rural houses scenarios need more important interventions. Their heritage incompatibility rate is of 26 and 30 pt, respectively.

The minimum intervention strategy consists in insulating the ceilings with 8 cm of insulation and 6 cm in the floor. It is also necessary to replace the original windows with low-e argon double glazed ones. But the special feature of this strategy is that it allows to not insulating the external masonry walls, so that it is possible to preserve their original texture. Eventhough, it is essential to control the capillarity and the infiltration rate on these elements, due to the average airtightness rate of the intervention must be lower than 4 ac/h @50 Pa -see the following illustration-.

This strategy is applicable to agritourism, agriculture exploitation, museum and the traditional scenarios.

- **La casa rural, restaurante y uso residencial los usos que mayor intervención implican.**

Debido a que estos tres usos necesitan más cantidad energía para conseguir confort, la mínima intervención requerida para adaptarse a los objetivos europeos es más importante. Además en los escenarios de uso residencial y casa rural apenas existe flexibilidad en la actuación, por lo que el paquete soluciones expuestos en las directrices se considera el óptimo.

Sin embargo, el rendimiento energético por superficie es mejor en estos escenarios que en usos relacionados con el sector primario

- **Estrategias adaptativas, resultado del estudio paramétrico.**

En la fase final de esta metodología, el estudio paramétrico proporciona una lectura transversal de la eficiencia energética y del grado incompatibilidad patrimonial de cada estrategia de manera visual y cuantificada. Así se permite identificar la solución constructiva óptima de cada escenario.

De este modo es posible acotar las estrategias óptimas que garantizan una rehabilitación más sostenible y respetuosa del caserío Torre. De manera que se logra el objetivo principal de la experimentación.

Además, si se estudiase de manera apropiada el grado de incompatibilidad patrimonial de cada caso, esta metodología podría ser una herramienta útil y extrapolable para determinar las estrategias óptimas para cualquier tipo de patrimonio construido.

- **The rural house, the restaurant and the residential scenario are the most demanding scenarios.**

As these three scenarios need more amount of energy to achieve comfort, the minimum intervention required to respond to the European objectives is stricter. Indeed, in the case of residential and rural house scenario the recommended strategies are so limited that there is little flexibility when making the decision.

However, it is underlined that the energy performance of these scenarios -kWh/m²- is better than the scenarios related to the first sector.

- **The potentiality of the method as a tool which can be extrapolated to any built heritage.**

At the final stage of the methodology, the parametric study provides a visual and quantified cross-disciplinary reading of the energy efficiency and the heritage incompatibility rates of the strategies. It enables the identification of the optimal constructive solution for each scenario. And this way it is feasible to detect the optimal strategies that guarantee a more sustainable and sensitive retrofit of Torre farmhouse, which is the main goal of the experimentation.

Besides, if the heritage incompatibility rates were well-analyzed, this methodology could also become in a useful tool to detect the optimal adaptive strategies for any kind of built heritage.

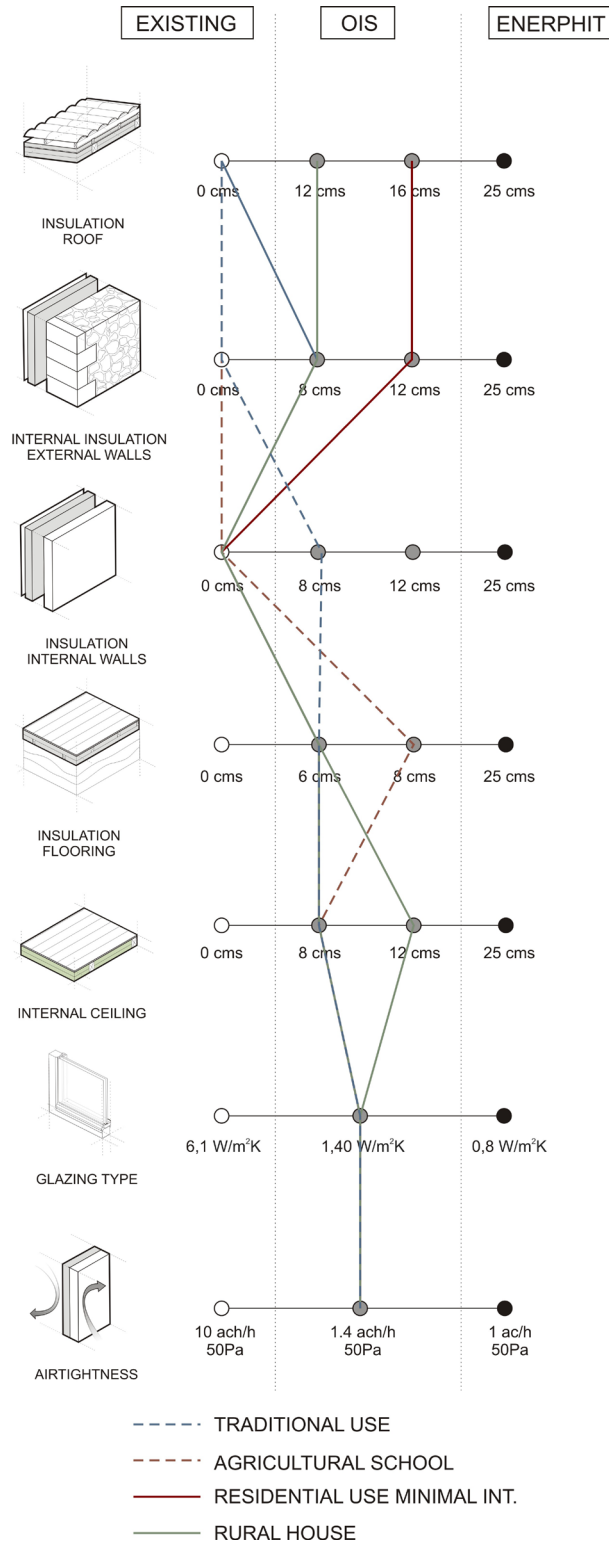
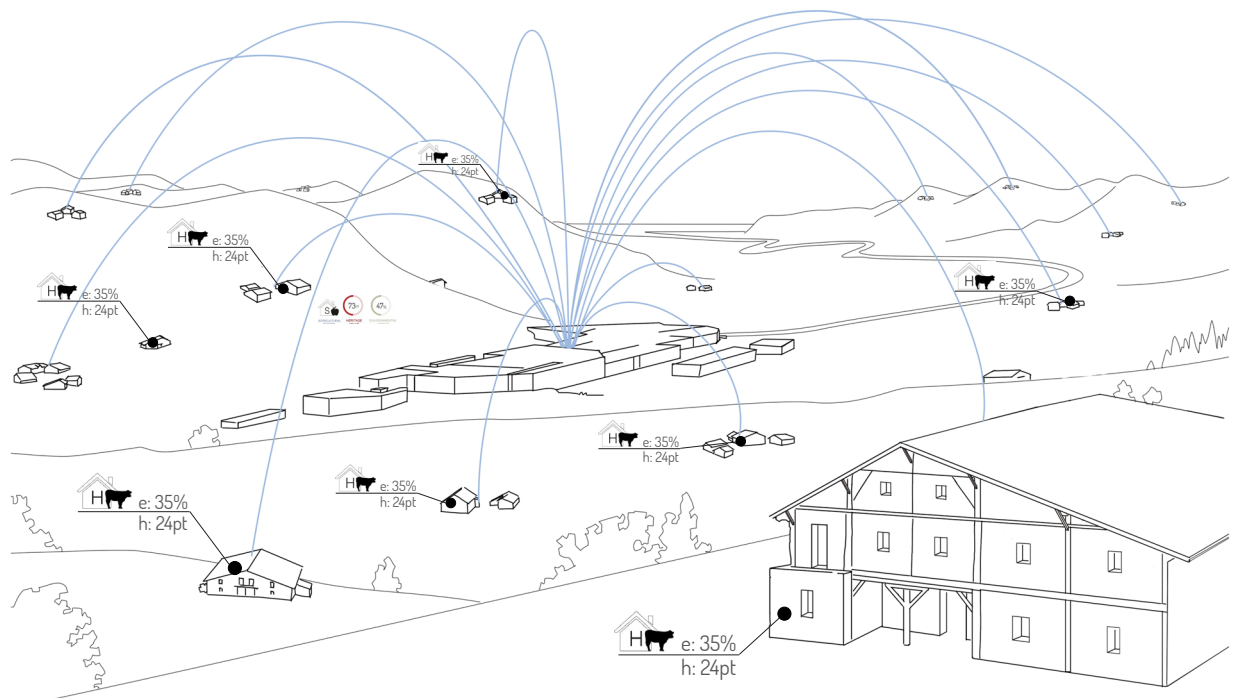


Fig. 305. Constructive solutions parameters



Esta tesis doctoral nace desde la necesidad de hacer frente a la situación actual de abandono y deterioro del caserío vasco. Un patrimonio construido de gran valor cultural que esconde la historia de los baserritarras y donde la sociedad vasca se siente identificada y reflejada.

El trabajo pretende realizar una mirada hacia el futuro del caserío y tiene como objetivo principal acercarse hacia una adaptación sostenible y respetuosa que garantice una preservación de calidad.

En ese sentido, el trabajo empieza identificando las claves para esa adaptación, por lo que insiste en la necesidad de una nueva visión territorial amplia y transversal. Una visión que integra la conservación del valor patrimonial del edificio en las pautas de la sostenibilidad.

Así bajo estas premisas, la experimentación de la tesis demuestra que a través un procedimiento extrapolable es posible concluir de manera satisfactoria en unas directrices de rehabilitación equilibrada de los caseríos. Y para ello experimenta sobre un caso de estudio de la Reserva de Biosfera de Urdaibai.

- **Claves para una adaptación sostenible e respetuosa**

La tesis comienza exponiendo la fotografía actual del caserío y de los paisajes rurales vascos. Hace hincapié en la necesidad de adaptarlos de forma sostenible en términos socioeconómicos y medioambientales, y respetuosa con sus valores patrimoniales -ver siguiente imagen-.

The origin of this doctoral thesis is the need to tackle the current situation of abandonment and deterioration of the Basque farmhouse. A built heritage of great cultural value which represents the built record of the history of the *baserritarras* and where the Basque people feel reflected in and identified with.

This research work seeks to look to the future of the farmhouse and aims to approach a sustainable and sensitive adaptation that can guarantee a quality preservation.

In that way, it starts by identifying the keys of this adaptation, where a region-wide point of view is integrated into the pairing heritage conservation and sustainability. A view which integrate the heritage conservation into the sustainability.

Thus based on this point of view, it verifies that by working through a regulated method it is possible to detect the optimal solutions for a balanced retrofit of this built heritage. This is demonstrated with an experimentation based on a real case study of the Biosphere Reserve of Urdaibai.

- **Keys to a sustainable and sensitive adaptation**

The study begins by depicting the current picture of Basque farmhouses, and it insists on the need to stimulate a sustainable and sensitive adaptation; sustainable in socioeconomic and environmental terms, and sensitive to its heritage values -see next illustration-.

De manera que se indentifican las claves de esta adaptación y se subraya que es fundamental **equilibrar la reactivación socioeconómica con la huella medioambiental y con la conservación del patrimonio.**

So that the keys to this adaptation are presented and it is underlined that there is a need to achieve **a balance retrofit between the socioeconomic reactivation, the ecological footprint and the preservation of the heritage.**

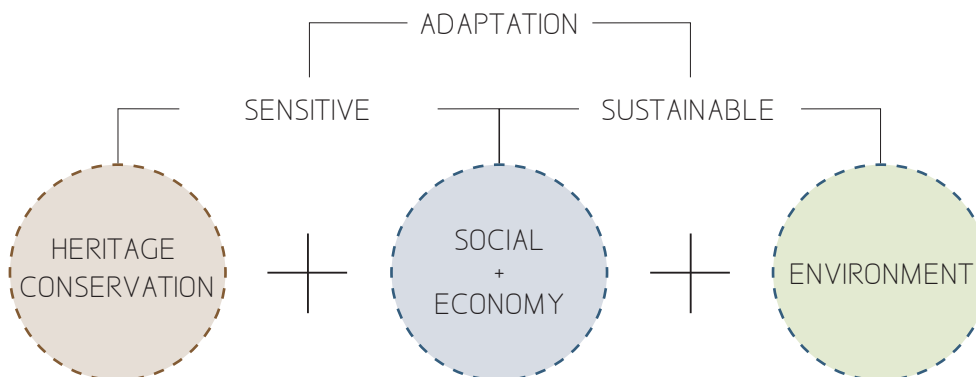


Fig. 307. Keys for a sustainable and sensitive adaptation

Asimismo, esta crisis se considera una oportunidad única para acercarse a un modelo rural que entienda el caserío como un nodo multifuncional capaz de albergar nuevas alternativas de uso. El objetivo es volver a poner en valor los núcleos rurales, partiendo del baserri como elemento construido de gran valor patrimonial que responda a distintas funciones territoriales.

Para ello por un lado se exponen algunas alternativas concretadas en el Plan de Desarrollo Rural del Gobierno Vasco para una reactivación socioeconómica rural -véase el apartado 4.4.5.-. Y por el otro, se fijan los objetivos medioambientales y patrimoniales apropiados para una rehabilitación equilibrada.

- **Procedimiento de experimentación flexible y extrapolable.**

Con el objetivo puesto en unas directrices de rehabilitación equilibrada, se insiste en la necesidad de trabajar sobre un método que permita analizar **los caseríos “caso a caso”**, pues el rendimiento energético y el valor patrimonial de cada edificio son únicos.

Therefore it is tried to take advantage of an ideal opportunity to put forward new use alternatives and to shape a new model of the rural system based on the farmhouse as a multifunctional node. The aim is to enhance the value of rural districts once again, understanding the farmhouse as a built element which has the history of the farmers engraved on its wall and fills the landscape with memory and identity.

To attain this goal some specific alternatives based on the Sustainable Rural Development of the Basque Government are presented with the aim of achieving a socioeconomic rural reactivation –see section 4.4.5.- and new environmental and heritage objectives for a balanced retrofit are also defined.

- **Flexible experimentation method that can be extrapolated**

Taking into account the aim of delimiting some guidelines for balanced retrofit, it is necessary to work with a method that allows working on a case by case basis.

For this reason, the experimentation of this doctoral

Para ello la experimentación de esta tesis doctoral se centra en un procedimiento **flexible y extrapolable que contemple las tres claves de la adaptación sostenible y que concluya de manera objetiva en las directrices de rehabilitación equilibrada.**

thesis is based on a **flexible method which can be extrapolated and which contemplates the three factors of a sustainable adaptation and concludes in guidelines for balanced retrofit.**

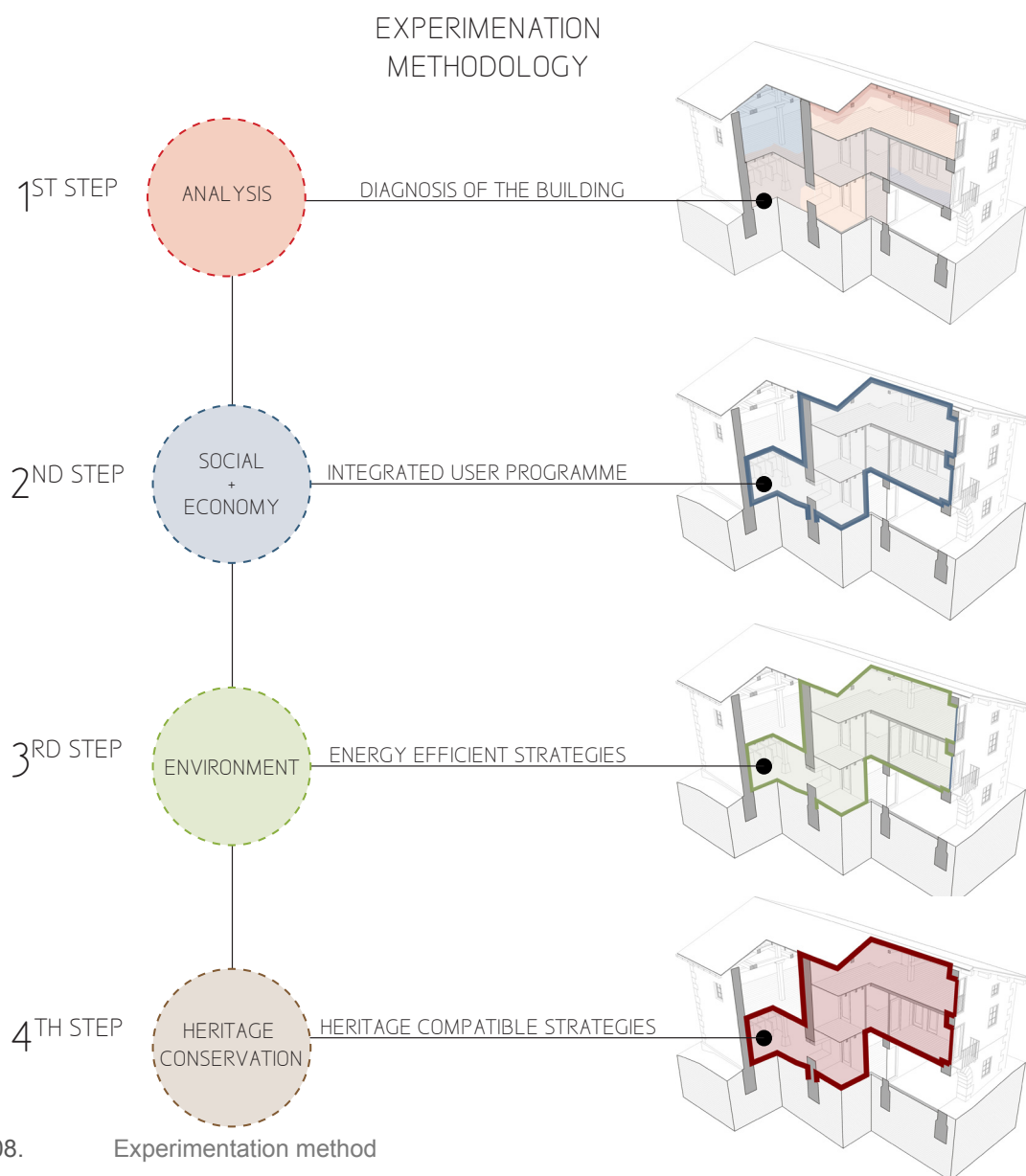


Fig. 308. Experimentation method

Este procedimiento se aplica en un caso de estudio concreto de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Cabe destacar que cumple con su cometido de detectar las soluciones óptimas para cada situación.

The experiment is conducted on a specific case study of the Urdaibai Biosphere Reserve. It should be underlined that this method fulfils its mission satisfactorily.

Contienen las siguientes fases:

- **1ª FASE DE EXPERIMENTACIÓN:**
Diagnosis del caso de estudio

En la primera fase de la experimentación se desarrolla un diagnóstico energético del caso de estudio en la que se monitoriza el caserío a lo largo 18 meses. De esta forma se crea y se calibra un modelo de simulación energética que posibilita cuantificar el rendimiento de los escenarios de uso y las estrategias de experimentación. Además este análisis permite comprender el comportamiento higrotérmico real de un caserío de tipología vizcaína sin uso, pudiendo servir de fuente de información para los profesionales que vayan a encontrarse con un *baserri* de características similares.

Este apartado concluye que el caserío Torre es un edificio templado y húmedo, que a pesar de que se encuentra fuera de la zona de confort durante 73% de las horas a lo largo del año, responde de manera eficiente a las condiciones externas. Evita los picos externos a través de una inercia térmica eficaz proporcionando un ambiente interno templado con una **temperatura media anual de 14,53 °C** y una **humedad relativa de 70,64 %**. Además

These are the stages of the method:

- **1st STAGE OF THE EXPERIMENTATION:**
Diagnosis of the case study

During the first stage of the experiment, an energy diagnosis of the case study is carried out throughout 18 months. That way, a model of energy simulation is created and calibrated, enabling the simulation of the scenarios and the necessary experimentation strategies. Besides, thanks to this analysis it is possible to know the real hygrothermal behaviour of an empty farmhouse of the Biscayan typology. This can be useful information for technicians who need to face similar situations.

In this stage it can be seen that the farmhouse Torre is a warm and humid building, and despite being out of the comfort zone during 73% of the time throughout the year, it is able to respond efficiently to external conditions. It is worth mentioning that it avoids the extreme temperatures thanks to an efficient thermal inertia that provides the building with a warm internal atmosphere, with an **annual average temperature of 14.53 °C**, **relative humidity of 70.64 %** and the minimal temperature of 6,53 °C. However, the hygrothermal behaviour

Higrothermal behavior Torre Baserri in Summer

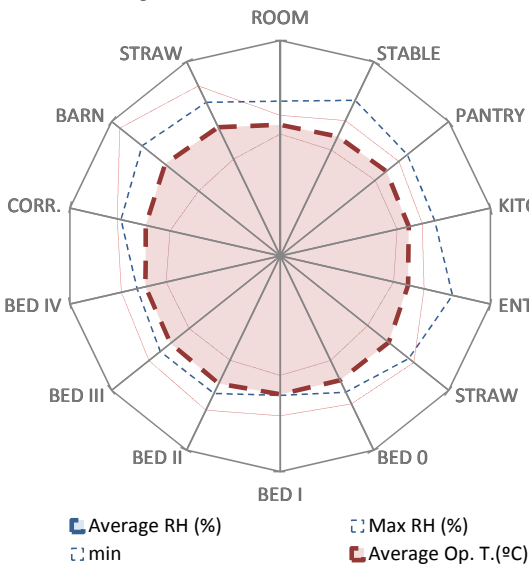


Fig. 309. Baserri's internal conditions in the summer

Higrothermal behavior Torre Baserri in Winter

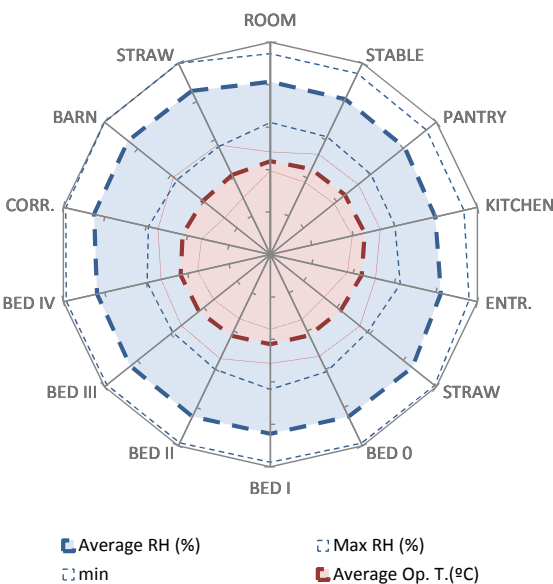


Fig. 310. Baserri's internal conditions in the winter

la temperatura mínima anual no baja de 6,53 °C. Sin embargo, el granero ofrece una oscilación higrótérmica más variada debido a la ganancia solar transmitida por la cubierta de teja con la lata separada y la ventilación continua; la temperatura máxima anual de esta estancia es de 33,31 °C y la humedad relativa de 37,18 %, mientras la cocina llega a 24,82°C y presenta una humedad relativa media anual de 69,18 %. Para terminar este apartado, en la página 244 se exponen los criterios energéticos para adecuar el nuevo uso al edificio.

- **2ª FASE DE EXPERIMENTACIÓN:
Potencial energético del uso en el caserío**

Una vez diagnosticado el caserío, se procede a adaptar las nuevas alternativas socioeconómicas al caso de estudio. El objetivo de este apartado es cuantificar el potencial del uso del edificio en la demanda energética anual. Sin embargo, antes de centrarse en los cálculos, se analiza un caserío con uso tradicional con el fin de contrastar los comportamientos higrótérmicos.

Se monitoriza el caserío Barrenetxe a lo largo de 9 meses. Un caserío de tipología vizcaína que mantiene el ganado en la cuadra, presenta un estado constructivo aceptable y el único sistema de calefacción es la cocina. Se comprueba que en la cocina de este caserío se goza de manera permanente confort higrótérmico con el hecho de mantener el fuego encendido; **el promedio térmico es aproximadamente de 23°C con una humedad relativa de 42%**. Además cabe señalar que en la cuadra del caserío Barrenetxe **cuatro cabezas de ganado generan un ambiente térmico 3,20°C superior al espacio adyacente**.

Este efecto ayuda a entender los resultados de la comparación de la demanda energética exigida por cada escenario de uso en el caso de estudio -veáse el apartado 7.3.3-.

of the barn is more varied due to the solar gains transmitted by the tile of the roof and to the continuous ventilation; the maximum temperature of this space is 33,31 °C and the relative humidity descends to 37,18 %, while the kitchen reaches 24,82 °C and shows an average relative humidity of 69,18 %. To finish this stage the energy criteria to integrate the new uses are outlined in the page 244.

- **2nd STAGE OF THE EXPERIMENTATION:
Energy potential of the use in the farmhouse**

Once the diagnosis of the farmhouse has been finished, the next step consists in adapting the new socioeconomic alternatives to the case study. The aim of this section is to quantify the potential effects of the use of the building on the annual energy demand. Before anything else, however, the real behaviour of an active farmhouse is contrasted with an empty one in order to compare their behaviours.

The farmhouse Barrenetxe is monitored throughout 9 months. This is a farmhouse of the Biscayan typology that keeps its traditional use: the livestock is still maintained in the stable, its constructive state is acceptable and its only active system is the fire of the kitchen. That way, it can be seen that just by keeping the fire alight, there is permanent hygrothermal comfort; **the average temperature is approximately 23°C, with a relative humidity of 42%**. Besides, it should be highlighted that in the farmhouse Barrenetxe, **four animals generate a thermal atmosphere 3.20°C higher than in the adjacent room**.

This effect makes it easier to understand the results of the analysis of the user scenarios' energy potential in the case study –see 7.3.3.-

Los usos relacionados con el sector primario como la explotación agrícola, la agroganadera y el agroturismo **son los que menos energía requieren**, y las alternativas que más espacios necesitan calefactar son los que más demandan. Esta variedad de en la exigencia energética afecta directamente en la huella medioambiental de los caseríos en el territorio, puesto que **adecuar el caserío Torre a los usos de casa rural o residencial puede llegar a duplicar las emisiones de carbono** provenientes del acondicionamiento de este patrimonio.

The scenarios related to the first sector, such as agricultural and husbandry exploitations and agritourism **are the ones with the lowest energy demand**, whereas the alternatives in which the largest numbers of rooms need heating are the ones with the highest. This has a direct effect on the ecological footprint of the region, **since turning the farmhouse into a rural house or dividing it into different houses can increase twofold carbon emissions** produced by the reconditioning of this heritage.

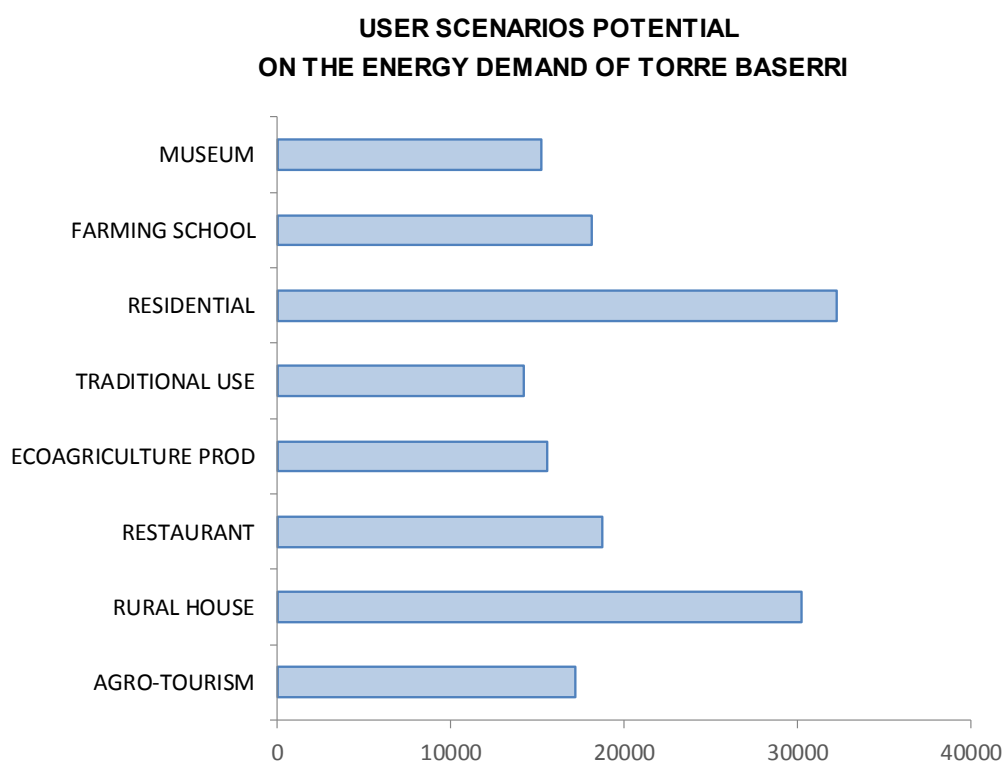


Fig. 311. User potential on the energy demand of Torre Baserri

Con ese motivo y con el objetivo de garantizar una adaptación más sostenible, se fija una línea roja en la demanda energética del edificio. Se crea la figura del *caserío de referencia* y se le introduce un ahorro energético mínimo de 27% -objetivo europeo para 2030-. Esta figura corresponde al caserío en su estado arquitectónico actual, en su función tradicional e incorporando las exigencias de confort modernas en las zonas habitadas -véase la siguiente imagen-.

So, the figure of a *reference farmhouse* is created, which meets the European objectives of energy savings -27 %-. It corresponds with the farmhouse in its current architectural state and traditional function, but with the addition of present requirements of comfort in occupied areas -see next image-.

REFERENCE FARMHOUSE OF THE EXPERIMENTATION

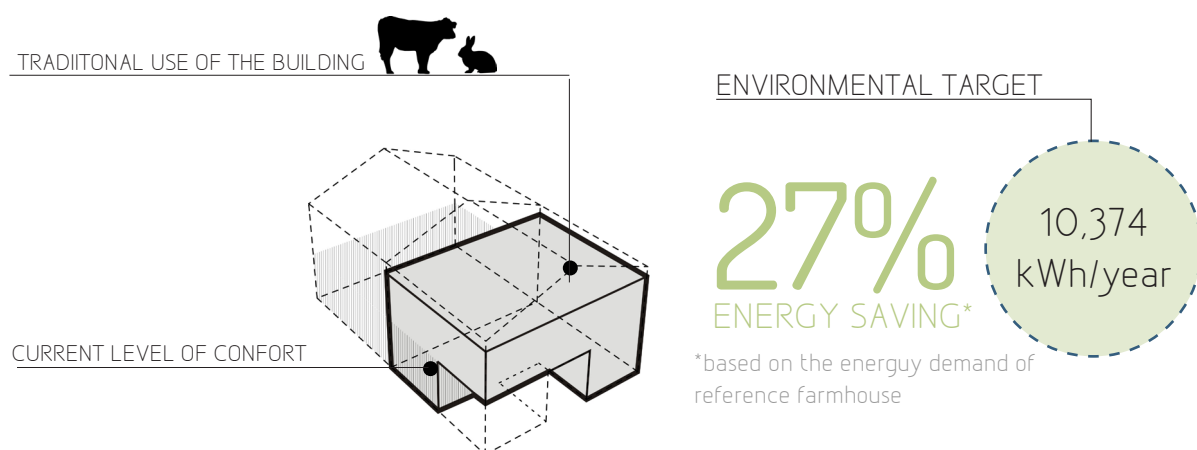


Fig. 312. reference farmhouse's characteristics

- **3ª FASE DE EXPERIMENTACIÓN.**
Estrategias energéticas para la adaptación del caserío al objetivo Europeo para 2030

Por lo que respecta a la tercera fase, el objetivo es detectar las estrategias energéticas más eficientes en cada escenario de uso.

Para ello se experimenta en base a estudios paramétricos con el software JEPlus, método de cálculo que permite trabajar en paralelo con varias simulaciones energéticas a la vez a través del motor EnergyPlus. Así se cuantifican todas las estrategias necesarias, permitiendo una mayor flexibilidad para la toma de decisiones.

En esta experimentación se comprueba que las **Estrategias de Coste Optimizado cumplen satisfactoriamente con el objetivo europeo para 2030, y que las medidas de Edificios de Consumo Casi Nulo** no son necesarias para esta adaptación -véase Fig. 313-.

Asimismo, por un lado se aprecia que los escenarios que más energía demandan son los que mejor rendimiento energético obtienen por superficie útil: el uso residencial con soluciones del **estándar EnerPHit puede llegar a bajar de 15**

- **3rd STAGE OF THE EXPERIMENTATION.**
Energy strategies for the adaptation of the farmhouse to the European objective for 2030

During the third stage, the aim is to detect the most efficient energy strategies for each user scenario.

To know how efficient each of the strategy is in each of the user scenarios, they are quantified through parametric studies with the software JEPlus. This is a calculation method that enables the user to analyze many energy simulations at the same time by EnergyPlus. This provides more flexibility that makes the decision for intervention easier.

In this experiment it is verified that **the Cost Optimized Strategies meet satisfactorily the European objective for 2030, and that it is not necessary to take the measures of Nearly Zero-Energy Buildings in this adaptation** -see Fig. 313-.

Besides, it can be seen that the scenarios that demand most energy are the ones with **the highest energy performance** in relation to their usable space: a residential use that includes solutions that **meet EnerPHit standards could reduce their demand below 15 kWh/m² per year**. On the other

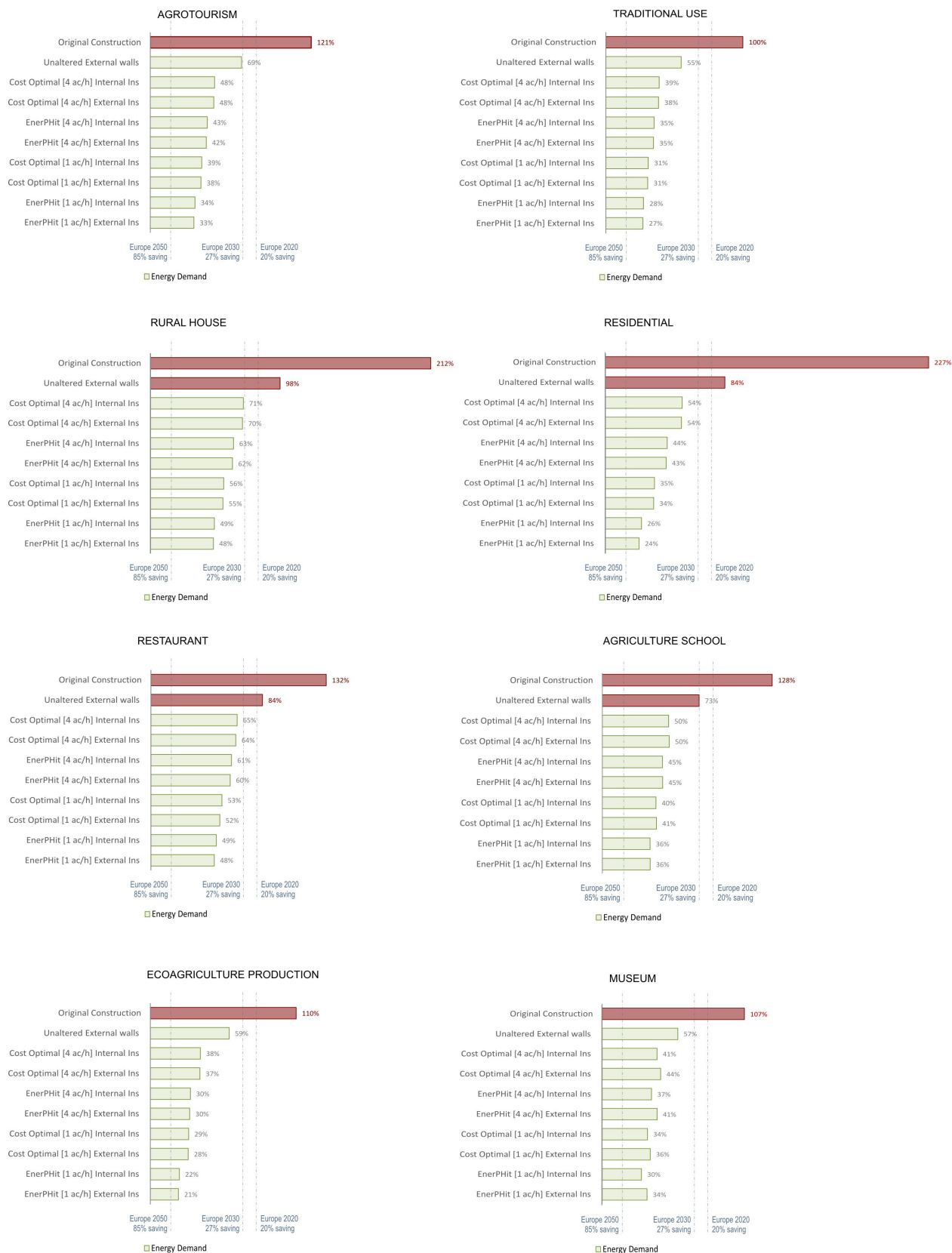


Fig. 313. Comparison of the energy efficiency of the user scenarios

kWh/m² por año, por lo que el caserío demuestra un potencial energético importante. Por otro lado, este paquete soluciones también acerca el caserío en algunos escenarios al objetivo Europeo para 2050 del ahorro energético de 85%. Sin embargo no se considera éste el objetivo de esta adaptación sostenible e respetuosa, debido a que excede los límites de valoración patrimonial tal y como se expone en el siguiente apartado.

- **4ª FASE DE EXPERIMENTACIÓN: Directrices de intervención energéticamente eficiente y sensible al patrimonio**

La última fase de la experimentación tiene como objetivo detectar cual es la estrategia con mejor rendimiento energético/incompatibilidad patrimonial.

Para ello se evalúa la incompatibilidad patrimonial de cada parámetro y se integra en el estudio

hand, this set of solutions makes it possible for the farmhouse in some scenarios to get closer to the European objective for 2050 of an energy saving of 85%. However, this is not regarded as the main goal of this sustainable and sensitive adaptation because it exceeds the limits of incompatibility with the heritage.

- **4rd STAGE OF THE EXPERIMENTATION: Energy-efficient intervention guidelines which are sensitive to heritage**

The aim of the last stage of the experimentation is to detect the optimal strategy in terms of energy efficiency and heritage incompatibility.

The incompatibility of each strategy with the heritages is assessed, so a second parametric study is carried out in order to contrast the energy efficiency with the architectural alteration it involves. This process allows a cross-disciplinary reading that facilitates the detection of the strategy with the best

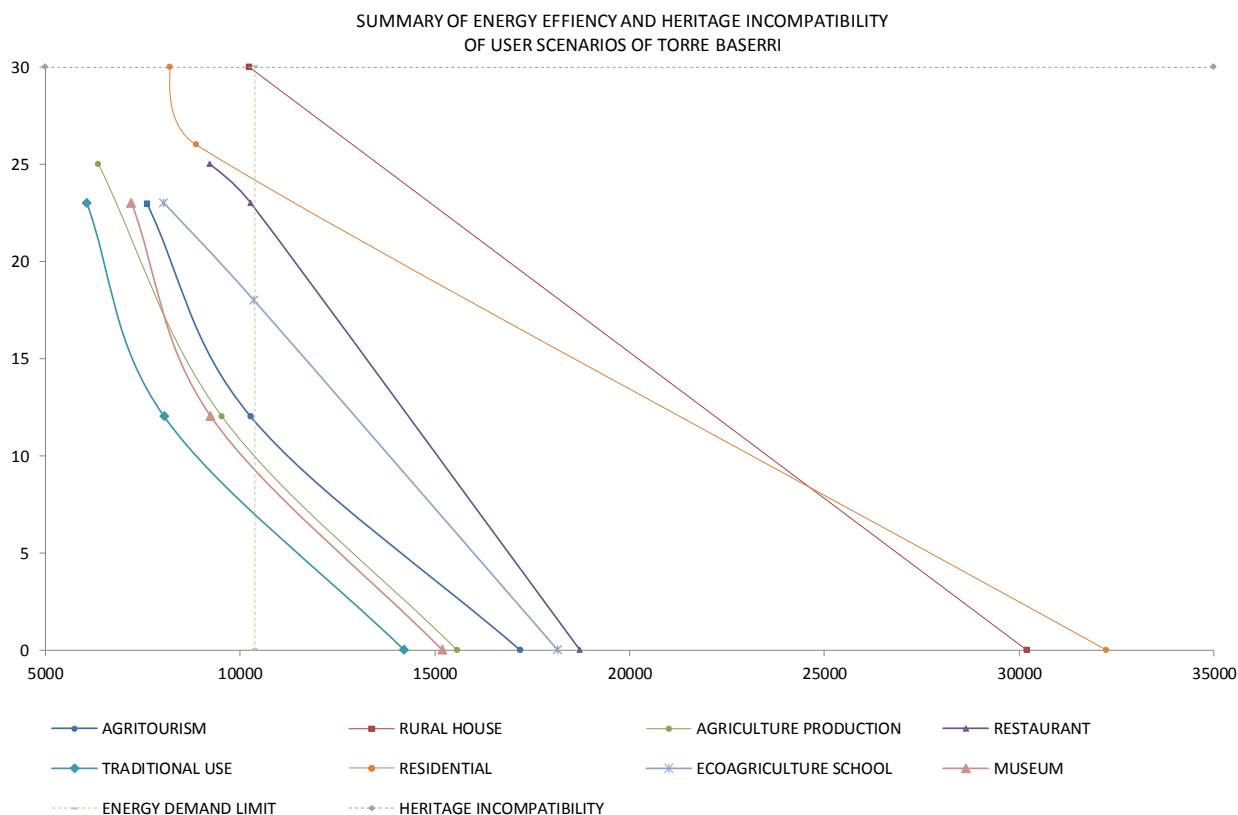


Fig. 314. Summary of energy efficiency and heritage incompatibility of user scenarios of Torre Baserri

paramétrico. Este proceso permite realizar una lectura transversal, de manera que se posibilite la toma de decisión de la intervención más adecuada para cada escenario de uso del caserío Torre. **Se concluye que es posible adaptar este caserío a las exigencias energéticas y patrimoniales en todas las alternativas socioeconómicas propuestas.**

Para terminar se crean unas fichas de resumen para cada escenario de uso que se recopilan en dos sencillas directrices de intervención. La primera de ellas muestra las estrategias de mínima intervención que cumplan con las exigencias patrimoniales y energéticas; y la segunda presenta las estrategias más recomendadas por su rendimiento eficiencia energética/incompatibilidad patrimonio -siguiente imagen-.

balance between both factors: energy performance/ incompatibility with heritage. Then, a decision is made as to which is the most suitable intervention for each of the user scenarios of the farmhouse Torre, and **it is proved that it is possible to adapt this farmhouse to the demands in terms of energy and heritage in all the suggested socioeconomic alternatives.**

Finally, some summarizing sheets are created for each of the user scenarios, which are summarized in two simple intervention guidelines: the first one shows the strategies involving the smallest intervention that meet the energy and heritage demands; the second one presents the strategies that are most recommended due to their relationship between the energy efficiency and the incompatibility heritage -next figure-.

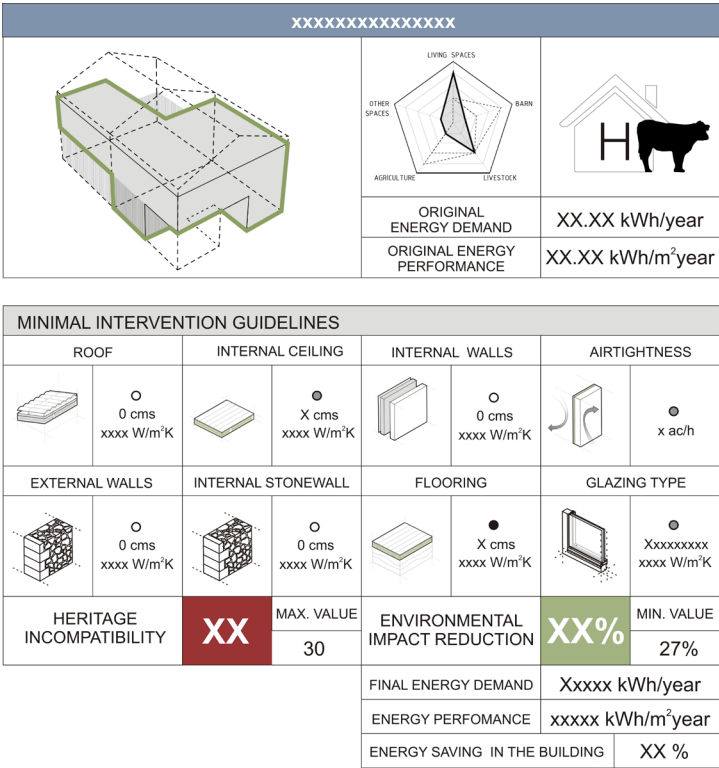


Fig. 315. Intervention sheet template

11.1. CONCLUSIONES PRINCIPALES DE LA TESIS DOCTORAL SEGÚN LOS OBJETIVOS

Esta tesis doctoral a pesar de que sea una mera experimentación, cumple satisfactoriamente los objetivos establecidos al principio del trabajo.

- **OBJETIVO 1: Identificar las claves para una adaptación sostenible del caserío vasco.**

En el apartado 4 de la tesis se exponen las claves para una adaptación sostenible y respetuosa del caserío -véase Fig. 303-.

Se subraya la necesidad de una visión territorial transversal donde se equilibra la reactivación socioeconómica del caserío con su huella medioambiental y conservación del patrimonial. Se propone entender el caserío como un nodo multifuncional capaz de albergar distintos usos territoriales, y se muestra el camino para conservar los valores patrimoniales mientras

11.1. MAIN CONCLUSIONS OF THE DOCTORAL THESIS ACCORDING TO THE OBJECTIVES

To sum up, despite being a mere experimentation, this doctoral thesis meets satisfactorily its main goals established in the beginning of the work.

- **OBJECTIVE 1: Identify the keys for a sustainable adaptation of Basque farmhouses.**

In the stage 4 the main keys for a sustainable and sensitive adaptation of Basque farmhouses are exposed -see Fig. 303-

It is underlined the necessity of a new a region-wide point of view which contemplates the socioeconomic reactivation with the reduction of its environmental impact and heritage conservation. It is proposed to understand the farmhouses as multifunctional nodes able to house different user alternatives and a path to conserve the heritage values while environmental objectives are fulfilled is shown. To

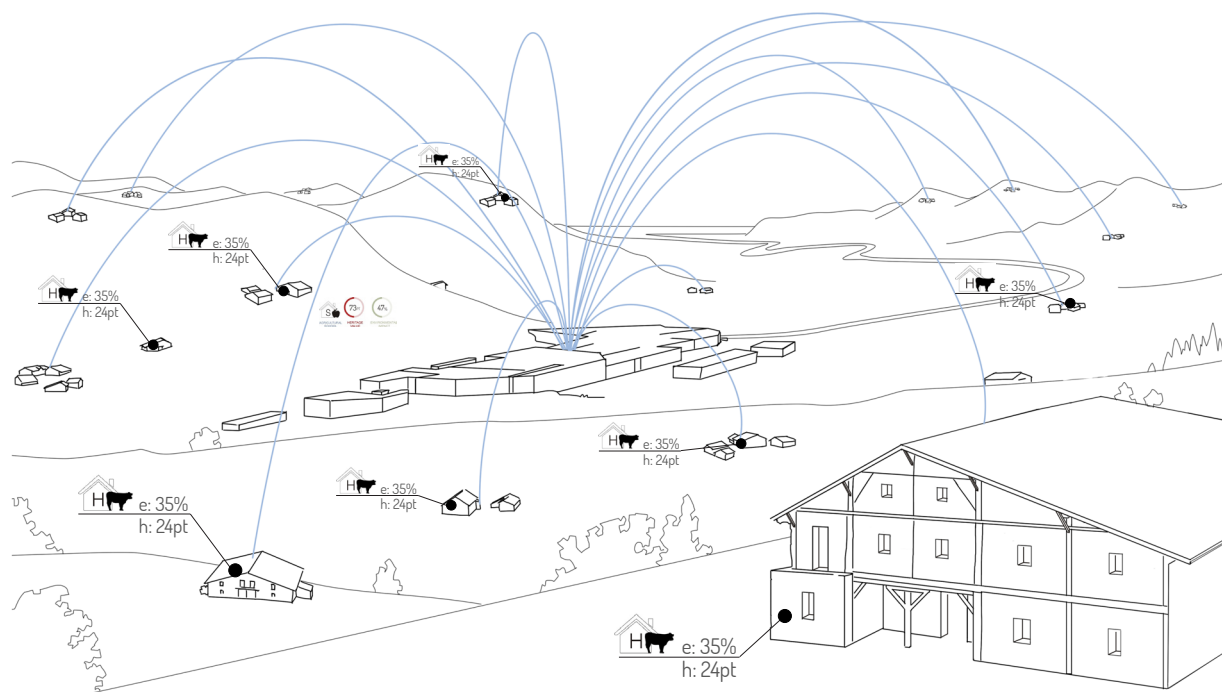


Fig. 316. Territorial view proposal

se acota un objetivo medioambiental donde la adecuación de los caseríos es posible y realmente exigible.

- **OBJETIVO 2: Experimentar hacia unas directrices de intervención a través de un método extrapolable.**

El proceso de experimentación de este trabajo ha verificado que el método de análisis puede ser una herramienta científica extrapolable a cualquier otro caserío, e incluso a cualquier patrimonio construido -véase Fig. 317-.

Primero **permite trabajar caso a caso; característica esencial en la rehabilitación energética de un patrimonio construido.** Además

conclude, a sustainable and sensitive adaption is feasible and indeed, it must to be required to guarantee quality preservation.

- **OBJECTIVE 2: Experiment towards intervention guidelines through a method that can be extrapolated.**

It is worth highlighting that the experimenting process shows a scientific tool that can be applied to built heritage, since it has been proved that it is a flexible procedure which can be extrapolated -see Fig. 317-.

To start with, **it allows working on a case by case basis which is an essential characteristic for efficient retrofit of built heritage.** Therefore, it

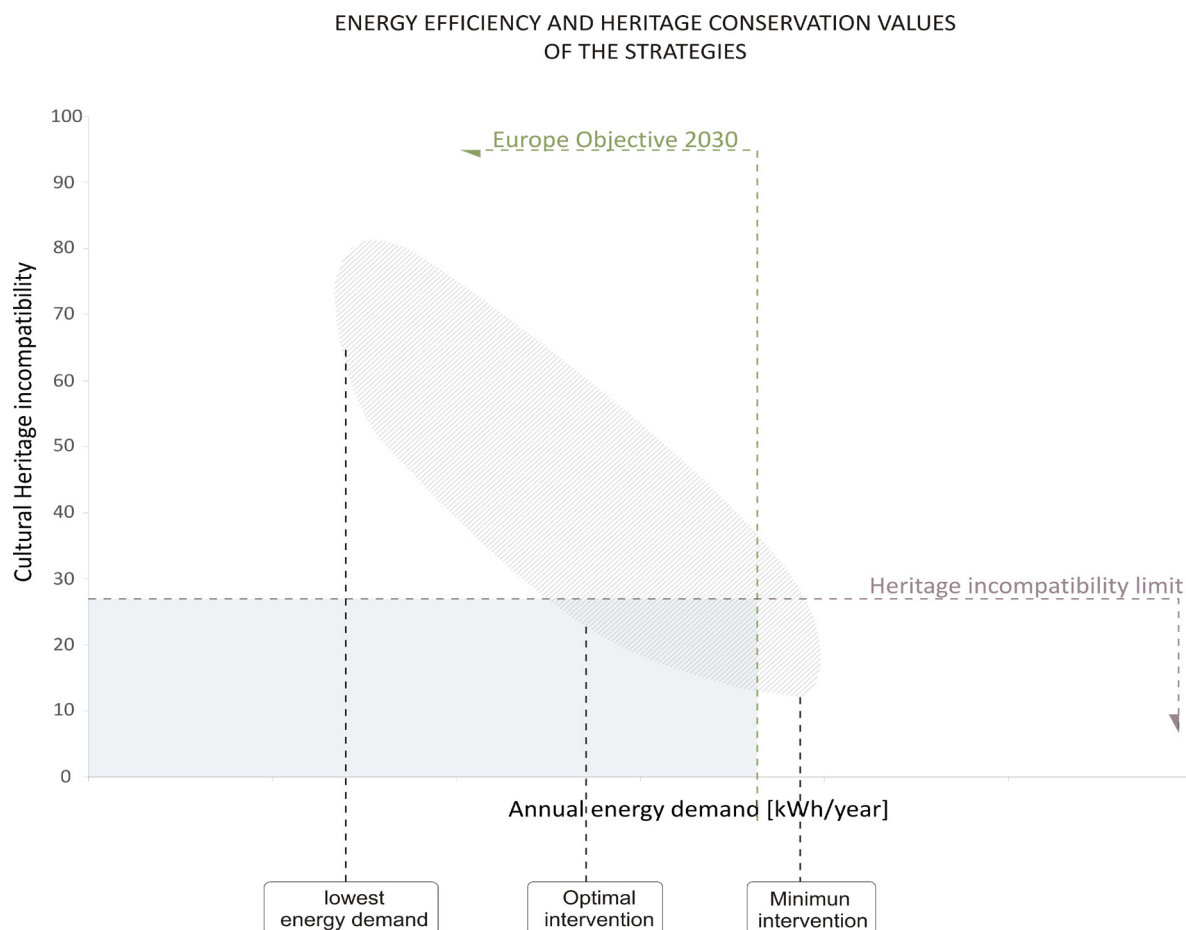


Fig. 317. Energy efficiency and heritage alteration graph

el procedimiento ha permitido adecuar cualquier uso al edificio, e incluso permite comparar entre ellos para contrastar su impacto medioambiental. Por lo que se pueden contemplar todas las alternativas de uso que se considere oportuno. Después, permite valorar cuales son las intervenciones más eficientes y el potencial energético del edificio analizado. Y al final **proporciona una lectura rápida y transversal que proporciona una toma decisión exhaustiva y cuantificada para identificar la solución idónea para una rehabilitación equilibrada** -véase Fig. 314-.

En conclusión, este procedimiento se considera una herramienta totalmente extrapolable a cualquier otro patrimonio construido y que posibilita detectar actuaciones que puedan acercar a una preservación de calidad. Es la herramienta que ayuda a garantizar que esta adaptación sea sostenible y respetuosa.

• OBJETIVO 3: Conocer el comportamiento energético del caserío.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, en el apartado 6 se diagnostica el comportamiento energético del caserío Torre, el caso de estudio. Los datos concretos de esta lectura no son extrapolables debido a que existen diversos factores bioclimáticos que hacen que cada caserío tenga su comportamiento higratérmico, como son la orientación, materialidad, volumen etc.

Sin embargo, las grandes estrategias del edificio como la inercia térmica, la poca ganancia solar o el aporte energético a través de la teja se mantienen en estas edificaciones.

Más información en la página 372 y en el apartado 6.

permits to adapt any user scenario to the building and it also is possible to compare the environmental impact of each alternative. Then, it is underlined that during the last stage, the method allows to quantify the energy efficiency and the heritage incompatibility of each strategy at the same time, **providing a deep analysis of the results. This way, it is feasible to detect the optimal intervention for a balanced retrofit** -see Fig. 314-.

In conclusion, this method it is regarded as a tool which can be extrapolated to any other type of built heritage and which enables the detection of actions that can lead to high quality preservation. It is the tool that permits to detect guidelines for balanced retrofit and it helps to guarantee a sustainable and sensitive adaptation.

• OBJECTIVE 3: Understanding the energy performance of the farmhouse.

As it has been previously mentioned, the first stage of the experimentation exposes an energy behavior diagnosis of Torre farmhouse, the case study. All the data of this analysis cannot be extrapolated to other cases because each building has its own hygrothermal behavior due to its orientation, volume, materiality etc.

However, the efficiency of main intrinsic strategies as the high heat capacity of the external walls, the lack of solar gains through windows or the thermal contribution of the roof tiles will be similar in all of the farmhouses.

More information in the Fig. 310 and in the stage 6.

- **OBJETIVO 4: El rol del uso del caserío en su demanda energética.**

En el segundo apartado de la experimentación se ha analizado el rol que tiene cada escenario de uso en la demanda energética del caserío Torre -véase Fig. 311-.

- **Escenarios relacionados con el sector primario requieren menos intervención.**

Los escenarios de uso que están relacionados con el sector primario, tales como la explotación agrícola, uso tradicional o el agroturismo, son los que menos intervención requieren para llegar al objetivo energético. Esto se debe a que el espacio interior dedicado a la función de sector primario se sitúa en la estancia más desfavorable y puesto que no requieren confort y a veces incluso disponen de focos de calor -véase Fig. 318-, la cantidad de energía necesaria para estos escenarios es menor.

- **OBJECTIVE 4: The role of the use of the farmhouses in their energy demand.**

The role of the use in the energy demand of the case study is analyzed in the second stage of the experimentation -see Fig. 311-.

- **Scenarios which are related to the first sector require a smaller intervention.**

The scenarios related to the first sector, such as agricultural exploitations, the traditional use or agritourism, are the ones which require the smallest intervention in order to meet the energy objective. This is because the internal spaces which are devoted to the first sector are located in the rooms with the worst conditions. Since there is no need for comfort there and some heating points are located in these spaces -see Fig. 318-, the amount of energy necessary in these scenarios is lower.

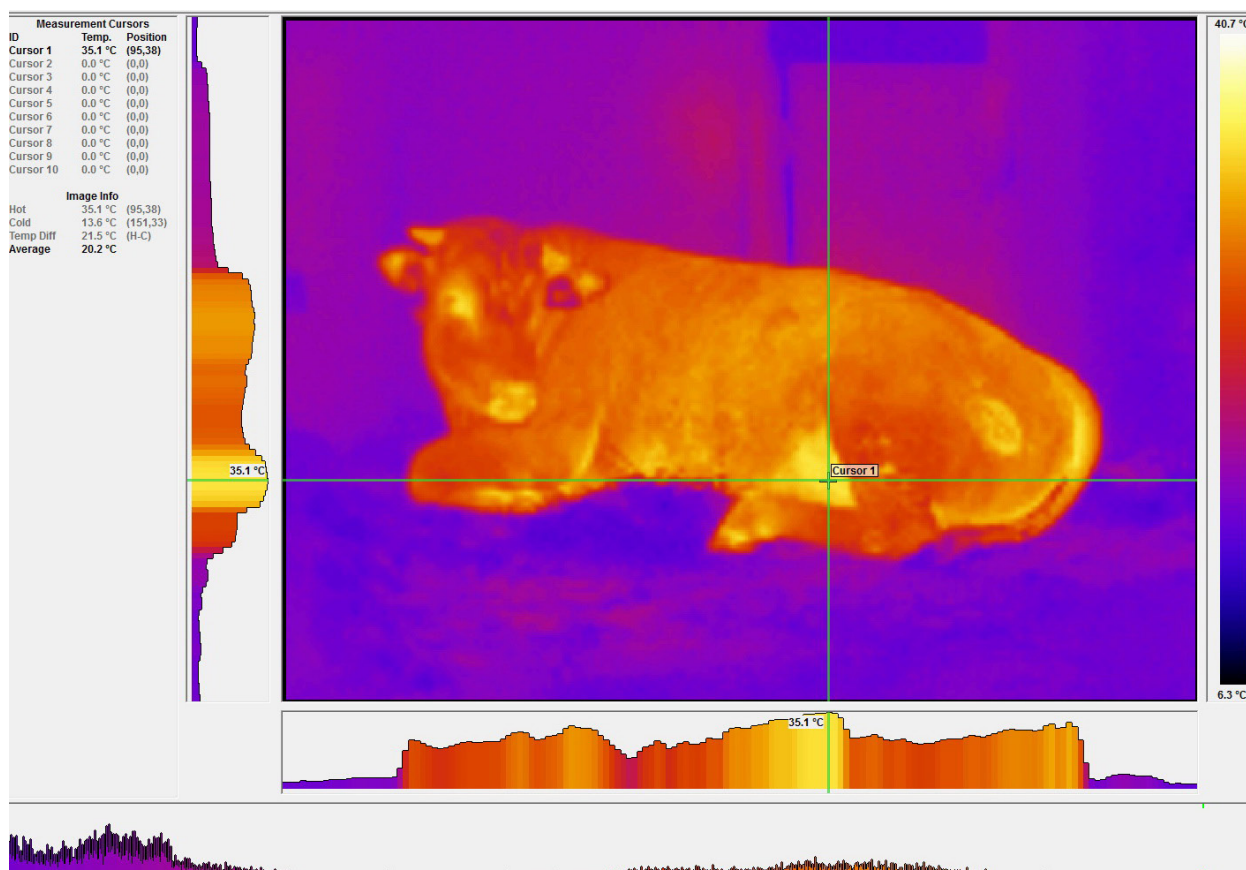


Fig. 318. Thermographic photo of a cow in Barrenetxe baserri. Animals as heating points

Asimismo es fundamental destacar que esta conclusión potencia la preservación del vínculo del caserío con la explotación del suelo rural. Las instituciones deberían apoyar este tipo de escenarios de usos debido a que garantizan una reducción del impacto medioambiental y una mejor conservación de los valores patrimoniales –por requerir menos intervención y por mantener la vinculación con el uso tradicional–.

- **El escenario residencial y casa rural exigen especial sensibilidad.**

El uso residencial junto a la casa rural son escenarios que actualmente se están demandando en la sociedad vasca. Y partiendo de la realidad de la situación actual del caserío se considera que son escenarios que se deben contemplar y aceptar por las instituciones.

La experimentación de esta tesis doctoral demuestra que estos escenarios de usos efectivamente requieren especial atención. Las soluciones que cumplen el objetivo medioambiental y de incompatibilidad patrimonial son muy reducidas, por lo que apenas existe flexibilidad en la intervención. Por ello es fundamental a pesar de que se deban permitir estos escenarios de usos, requieren especial sensibilidad del técnico o del profesional que vaya a intervenir.

- **OBJETIVO 5: El potencial energético del caserío para adaptarse a los objetivos europeos de 2030.**

La experimentación cuantifica el potencial energético del caserío de manera satisfactoria. Tal y como se expone en el tercer apartado de la experimentación y en las conclusiones generales de la página 375, la tesis doctoral demuestra que las intervenciones que se requieren para adaptar el caserío Torre al objetivo Europeo para 2030 son compatibles con la preservación de sus valores patrimoniales. Por lo que es factible adaptar el caserío a través de soluciones equilibradas.

It is also essential to underline that these user scenarios preserve the link between the farmhouses and land exploitations.

Therefore, it is highly recommended that these user scenarios receive support from the public institutions. They help to preserve cultural values and to reduce the environmental impact produced by the farmhouses.

- **The residential scenario and rural houses require special sensitivity.**

The residential use, together with the rural house in its original state, is currently demanded by the Basque institutions. And taking into account the current situation of abandonment they should be considered and accepted by the public institutions.

However, this experimentation demonstrates that these user scenarios can multiply the annual energy demand twofold. Therefore, the intervention required is bigger and the recommended strategies are limited. Consequently, there is little flexibility when making the decision, so carrying out these adaptations with special care and sensitivity to the heritage is of great importance.

- **OBJECTIVE 5: The energy potential of the farmhouse for adapting to the 2030 European objectives.**

This experimentation quantifies properly the energy potential of Torre *baserri*. As it is exposed in the third stage of the experiment and on the page 375, the interventions required in order to adapt the farmhouse Torre to the European objective for 2030 are compatible with the preservation of its heritage values. In conclusion, it is feasible to adapt farmhouses with balanced strategies.

- **OBJETIVO 6: Realizar una lectura de las posibilidades que ofrece una adaptación sostenible del caserío vasco**

Esta propuesta de adaptación sostenible basado en una visión transversal muestra las posibilidades para dar la vuelta a la situación del caserío. Las estrategias de intervención deben tener en cuenta la sostenibilidad medioambiental, pero también la socioeconómica y el valor patrimonial del edificio. Estos factores son claves que proporcionan un valor añadido al caserío.

La experimentación demuestra **que la sensibilidad socioeconómica va de la mano de la reducción del impacto medioambiental del edificio**. Y es que los usos que más dificultades viven actualmente son los que menos demanda de calefacción exigen. Por lo que las normativas deberían variar las exigencias según el programa que plantea el propietario.

Por otro lado, este trabajo de investigación también ha demostrado que la preservación de valores patrimoniales no impide la adaptación del caserío a los objetivos medioambientales europeos. Por consiguiente, la adaptación sostenible del caserío permite volver a poner en valor el caserío y por lo tanto, la memoria de los paisajes rurales.

Respecto a la sostenibilidad medioambiental, la experimentación de esta tesis concluye que si se extrapolasen los resultados obtenidos proporcionarían **un promedio de 45% de disminución de la huella medioambiental en la Reserva de Biosfera de Urdaibai. Cabe destacar que en caso de que se conservase el uso tradicional, la reducción puede incluso llegar a 57%.**

Pese a que éstos sean datos de un caso concreto, se considera una línea de actuación apropiada y que cumpliría con el objetivo principal de la tesis de acercarse a una adaptación sostenible del caserío.

- **OBJECTIVE 6: Analyze the real possibilities that a sustainable adaptation of Basque farmhouses offers.**

This proposal of a sustainable adaptation of the farmhouses based on a transversal point of view shows the possibilities to revert their current situation. The intervention strategies must take into account the environmental sustainability, but also the socioeconomic proposition and the heritage value of the building. These three factors are the keys to provide an extra value to the building.

On one hand, the experimentation demonstrates that **the socioeconomic sensitivity walks hand in hand with the reduction of the environmental impact of the baserris**. The scenarios that are currently experiencing a difficult period require less heating demand than the others. So the requirements of the regulations must vary depending on the program of the intervention.

On the other hand, the experimentation method has also demonstrated that the preservation of heritage values do not avoid to respect the European environmental objectives for 2030. Then this sustainable adaptation also offers the possibility to enhance the heritage value of the building and, therefore, the memory of the rural landscapes.

In relation to the environmental sustainability, this research work concludes that in case of the experimentation results could be extrapolated, **the environmental impact produced by the farmhouses would be reduced by 45% in the Urdaibai Biosphere Reserve. Besides, by keeping the traditional use of the farmhouse, the savings in energy demand for heating can reach up to 57%.**

Even though this data is based on a specific case, this kind of interventions is considered appropriate to approach a sustainable adaptation of Basque farmhouses.

11.2. LIMITACIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

A pesar de cumplir con los objetivos principales esta tesis doctoral en todo su desarrollo presenta varias limitaciones que requieren futuras investigaciones.

- **LÍNEA 1. Estudio de nuevos escenarios de uso de los caseríos.**

En este trabajo se plantean ocho alternativas de uso que se fundamentan en los Planes de Desarrollo Rural elaborados por el Gobierno Vasco; motivo que no descarta que puedan existir otras alternativas más relevantes. Además estos cambios de uso no sólo tienen un impacto energético o socioeconómico directo.

- **LÍNEA 2. Análisis del impacto paisajístico de los nuevos escenarios de uso**

El posible impacto territorial requiere analizar si las infraestructuras existentes son las apropiadas para asumir esa transformación; cual es su impacto paisajístico, incluso en términos de sostenibilidad si se debe actuar en temas como la movilidad y la recogida de residuos. De manera que en este sentido están abiertas varias vías de investigación.

- **LÍNEA 3. Procedimiento de evaluación patrimonial en el apartado de la diagnosis.**

Cambiando de apartado, el trabajo en general se centra en temas más relacionados con el ámbito energético, dejando de lado los análisis más exhaustivos sobre la conservación del patrimonio. Se debería haber trabajado más exhaustivamente desde una evaluación patrimonial completa en el que se detectan todos los valores tangibles e intangibles de este patrimonio construido para así valorar de forma más apropiada la alteración de las estrategias planteadas. En este sentido, se echan de menos estudios fundamentados

11.2. LIMITATIONS AND FUTURE LINES OF RESEARCH

Despite achieving the main goals, this doctoral thesis presents various limitations during the whole process that require future research.

- **LINE 1. New user scenarios for Basque farmhouses**

In this work, when different functions for the farmhouse are suggested, eight use alternatives are presented which are based on the Plans of Rural Development made by the Basque Government. However, this does not mean that there cannot be other more relevant alternatives.

- **LINE 2. Analysis of the impact of the new user scenarios on the region**

Apart from having a direct impact in energy and socioeconomic terms, these changes in use can have a possible impact on the region that requires an analysis to see whether the infrastructures are capable of undergoing such change, what impact these transformations would have on the landscape, and even in terms of sustainability, whether it would be necessary to take some measures in areas like mobility or refuse collection.

- **LINE 3. Heritage evaluation procedure during the stage of diagnosis.**

In another respect, generally speaking the study focuses on subjects more related to the field of energy, leaving more exhaustive analysis of the conservation of the heritage aside. There should have been a bigger effort to approach the subject from a full assessment of the heritage, which identifies all the tangible and intangible values of this built heritage in order to consider the alteration of the suggested strategies in a more appropriate way. Moreover, a more exhaustive architecture survey based on historical documents has been missing. Even though a stratigraphic analysis of

en documentación histórica y un levantamiento arquitectónico exhaustivo que muestre la evolución histórica y que permita identificar los elementos con valor patrimonial. Otra herramienta puede ser el análisis estratigráfico de los planos, pero sin embargo lo adecuado es desarrollar un protocolo de evaluación patrimonial específico para caseríos.

- **LÍNEA 4. Análisis bioclimático de más caseríos**

Asimismo, otra de las limitaciones de la tesis doctoral es que se trabaja sobre un determinado caso de estudio. Es verdad que en la metodología se contempla que es ésta la manera de experimentar con las directrices, pero aunque en términos generales el comportamiento bioclimático de la misma tipología arquitectónica sea similar, el caserío vizcaíno presenta importantes variaciones dentro de su casuística. El cambio de material de la envolvente y sobre todo la variación en el volumen de los caseríos más antiguos y más recientes, son variables bioclimáticas que se deberían analizar. En este sentido esta línea de investigación se queda totalmente abierta, en la que sería interesante contrastar las variaciones higrotérmicas entre distintos modelos, incluso de distintas tipologías arquitectónicas.

- **LÍNEA 5. Procedimiento de adecuación de los escenarios de usos al edificio. Uso adaptativo**

También cabe añadir que en la tesis en la fase de adaptación de los escenarios de uso al caserío Torre, a la hora configuración los nuevos programas, se deben contemplar otros criterios distributivos como son la estética, la salubridad, la calidad de las vistas al exterior, olores o el ruido. Aquí también un protocolo para uso adaptativo en el patrimonio construido sería una herramienta útil y eficaz.

the facades can be enough, a specific protocol of heritage assessment for farmhouses would be the ideal solution.

- **LINEA 4. Bioclimatic analysis of more cases of Basque farmhouses**

Being centred on one case study in particular is another of the limitations of this doctoral thesis. Even if this was considered in the methodology to be the way to experiment with the guidelines and the bioclimatic behaviour of the same architectural typology is similar in general terms, there are substantial variations between the different cases of the Biscayan farmhouse. The difference in the materials of the thermal envelope and, above all, the difference in size between the oldest and newest farmhouses are bioclimatic variables that should be analyzed. In this regard, this line of research remains open, and it would be interesting to contrast the hygrothermal variations between different models, even between different architectural typologies.

- **LINE 5. User scenarios adaptation procedure. Adaptive use**

It should be pointed out that during the stage of adapting the user scenarios to the farmhouse Torre, other distribution criteria such as aesthetics, sanitation, the quality of the views, smell or noise should be taken into account when designing the new programs. In this stage a procedure for adaptive use in built heritage would be a efficient and useful tool.

- **LÍNEA 6. Estudio de estrategias de intervención, principalmente la apertura de huecos**

En cuanto a las estrategias energéticas esta tesis doctoral no contempla la apertura de huecos debido a la irreversibilidad de la actuación. Sin embargo, aunque la relación hueco/muro de Torre en concreto no sea tan reducida como suele ser en los caseríos, tal y como se expone en el apartado 6.7.1 las ganancias solares son un factor determinante para reducir la demanda energética necesaria. Cabe destacar que otras estrategias como muros trombe, muros de agua, lucernarios o invernaderos son alternativas de aporte pasivo que se deberían valorar.

- **LÍNEA 7. Mejorar y completar el método de experimentación.**

Con el objetivo de definir una herramienta extrapolable a cualquier patrimonio construido, una de las líneas de investigación más importantes puede centrarse en completar el método de cálculo. Se podrían añadir tareas como la pre-valoración patrimonial del edificio existente en la fase 1 o aplicación de otras estrategias de intervención. Asimismo es también necesario analizar y verificar que el método funciona satisfactoriamente en otras edificaciones patrimoniales.

- **LINE 6. Other intervention strategies analysis. New holes on external walls.**

With regard to energy strategies, this doctoral thesis does not consider the creation of any openings on the facades, since this action is irreversible. However, even though the opening/wall ratio in Torre is not as low as in a typical farmhouse, as it is exposed in the stage 6.7.1., solar gains can be a crucial factor to reduce the energy demand. Other strategies that provide passive gains such as Trombe walls, water walls, skylights or greenhouses are worth considering.

- **LINE 7. To improve and to complete the experimentation method.**

With the aim of defining a tool that can be extrapolated to any other built heritage, one of the main research lines can be focused on the heritage pre-evaluation of the existing building or on the application of other intervention strategies. Therefore, it is also needed to analyze and verify the results of the method in other built heritage.

Para finalizar, es importante insistir en que todavía existen muchos caminos por recorrer hacia una adaptación sostenible y respetuosa del caserío. Por lo que esta tesis doctoral es sólo un paso más en ese recorrido.

Sin embargo, es fundamental que en las futuras investigaciones se trabaje desde un punto de vista amplio y transversal; la interdisciplinaridad y la cooperación entre todos los agentes involucrados, desde los investigadores de centros académicos hasta las instituciones públicas, pasando por los profesionales del sector, es un factor determinante y fundamental.

Entre todos tenemos la obligación de revertir la situación y preservar este bien cultural que heredamos de nuestros abuelos. Enfrentemos esta situación de decadencia para intentar ofrecer de forma conjunta alternativas que crean ilusión y oportunidades que abran posibilidades de futuro. Necesitamos dar soluciones que estén a la altura de la propia construcción y marcar el camino hacia una preservación duradera y de calidad a este patrimonio tan valioso, simbólico y único para la sociedad vasca: el *baserri*.

For all these reasons, further research is necessary to approach towards a sustainable and sensitive adaptation of the Basque farmhouses. So this study is just one step more towards that goal.

However, it is necessary that further research works are based on a region-wide and cross point of view. It is also essential that all the parties involved work together in an interdisciplinary way, from the most academic students to public institutions.

We all share the obligation to revert the situation and to preserve this cultural property that we have inherited from our grandparents. We must take advantage of the situation of decadence to all together try to offer some alternatives that provide hope and opportunities for the future. We need to find solutions that live up to the standards of the own building, and to mark the path towards a long-lasting and high quality preservation of such a valuable, symbolic and unique heritage for the Basque people: the *baserri*.

12. BIBLIOGRAFIA

12. BIBLIOGRAPHY

3ENCULT, 2015. *Energy efficiency solutions for historic buildings*. Bastian, Z.; Troi, A. edn. Basel: Birkhäuser Verlag GmbH.

AINZ, M.J., 2001. *El caserío Vasco en el país de las industrias*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

AINZ, M.J., 1999. La proyección espacial del Caserío Vasco: desde su antigua condición de unidad agraria plurifuncional a la más nueva de suelo apto para urbanizar. *Boletín de la A.G.E.*, **27**, pp. 47-66.

AINZ, M.J., 1996a. El último proceso de cambio en el territorio del caserío. *Lurralde*, , pp. 137-154.

AINZ, M.J., 1996b. El último proceso de cambio en el territorio del caserío. *Lurralde. Invest. espac*, (19), pp. 137-154.

ALBERDI, J.C., 2014. Baserria eta paisaia: Ustiategiak egokitzeko beharra. *Lurralde. Investigación y espacio*, **37**, pp. 125-143.

ALBERDI, J.C., 2010. Experiencia, pragmatismo y líneas de actuación comunes, bases del nuevo modelo de desarrollo rural del País Vasco. *Estudios Geográficos*, **71**, pp. 7-38.

ALMAGRO, A., NAVARRO, J. and ORIHUELA, A., 2009. Metodología en la conservación del Patrimonio Arquitectónico Medieval. *La investigación sobre Patrimonio Cultural*, , pp. 87-98.

ALPHOUSE PARTNERS, 2012. *ALPHOUSE - ALPINE BUILDING CULTURE AND ENERGY EFFICIENCY*. Handwerkskammer für München; Oberbayern edn. Munich: Landraum.

AMAYA, S., 2006. ¿Desarrollo patrimonial sostenible? Proteger el patrimonio cultural como fórmula para el desarrollo rural. *Desarrollo rural, medio ambiente y patrimonio*, 21 de Octubre 2006, Universidad Internacional de Andalucía. Alter. III Congreso Internacional de la Red SIAL "Alimentación y Territorios".

ARAGÓN, A., 2015. El sector agrario guipuzcoano en la encrucijada de los siglos XVI y XVII. *Lurralde. Investigación y espacio*, **38**, pp. 89-116.

AREITIO GIMENO, C. and ALBERDI, J.C., 2004. *Informe técnico N.º 102. Los modelos y políticas de desarrollo rural*. Gasteiz: Departamento de agricultura y pesca. Euskadi.

ASIEPI, 03-06-2010, 2010-last update, ASSESMENT AND IMPROVEMENT OF THE EPBD IMPACT. Available: <http://www.asiepi.eu/>

asiepi-reports.html [03/02, 2015].

AVRAMI, E., MASON, R. and DE LA TORRE, M., 2000. *Values and Heritage Conservation*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

AZKARATE, A., 2001. *Lección inaugural del curso académico 2001-2002*. Primer documento para alumnos de EHU/UPV edn. Gasteiz: EHU/UPV.

AZKARATE, A., RUIZ DE AEL, M. J. and SANTANA, A., 2003. *El Patrimonio Arquitectónico*. Vitoria-Gasteiz.

BAESCHLIN, A., 1930. *La arquitectura del caserío vasco*. CANOSA. Barcelona

B.O.B., 1998. *BIZKAIKO ALDIZKARI OFIZIALA BOLETIN OFICIAL DE BIZKAIA*. Ley edn. Bilbao: Bizkaia, Province.

B.O.E., 2006. *Real Decreto 314/2006 de 17 de Marzo*. España.

B.O.E., 1979. *Real Decreto 2429/1979 de 6 de Julio*. La Coruña: España.

B.O.P.V., 2013. *DECRETO 199/2013, de 16 de abril, por el que se regulan los establecimientos de alojamiento turístico en el medio rural*. Decreto edn. Gasteiz: Comunidad Autonoma Vasca.

B.O.P.V., 2012. *ORDEN de 18 de julio de 2012, del Consejero de Vivienda, Obras Públicas y Transportes, por la que se regula un programa de ayudas en materia de Rehabilitación de Viviendas y Edificios*. Gasteiz: Euskadi.

B.O.P.V., 1998. *Disposiciones Generales. Departamento de ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente N°4699*. Decreto edn. Vitoria-Gasteiz: Reserva de la Biosfera de Urdaibai.

B.O.P.V., 1990. *Disposiciones Generales del País Vasco*. Gasteiz: País Vasco.

B.O.P.V., 1989. *Anuncios. Disposiciones Generales del País Vasco*. Boletín Oficial del País Vasco edn. Vitoria-Gasteiz: Reserva de la Biosfera de Urdaibai.

BARANDIARAN, J.M., 1925. *Contribución al estudio de la casa rural y las condiciones naturales*. 1925: Anuario de Eusko Folklore.

BERISTAIN, B., 2010. *baserriBERRI*. Madrid: Universidad de la ETS de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.

BULLEN, P.A. and LOVE, P.E.D., 2010. The rhetoric of adaptive reuse or reality of demolition: Views

from the field. *Cities*, **27**(4), pp. 215-224.

C.T.E, 2013. *CTE DB-HE Ahorro de energía. Código Técnico de la Edificación, Documento Básico Salubridad*. Normativa de Edificación edn. Madrid: España.

CAÑAS, I., AYUGA, E. and AYUGA, F., 2009. A contribution to the assessment of scenic quality of landscapes based on preferences expressed by the public. *Land Use Policy*, **26**(4), pp. 1173-1181.

CANDURA, A., DAL SASSO, P. and MARINELLI, G., 2008. Recovery and Reuse of Rural buildings: the Spread Out Building case. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, **8**(3), pp. 1-18.

CÁNOVES, G., VILLARINO, M., PRIESTLEY, G.K. and BLANCO, A., 2004. Rural tourism in Spain: an analysis of recent evolution. *Geoforum*, **35**(6), pp. 755-769.

CAPDEVILA, I., LINARES, E. and FOLCH, R., 2012. *Eficiencia energética en la rehabilitación de edificios*. Fundación Gas Natural Fenosa edn. Barcelona: .

CARO BAROJA, J., 1943. *Los pueblos del Norte*. San Sebastian: .

CLARKE, A., 2010. Cultural Tourism and Sustainable Local Development. *Tourism Management*, **31**(5), pp. 695-696.

COMISIÓN EUROPEA, 2014. *COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES. Un marco estratégico en materia de clima y energía para el periodo 2020-2030*. Bruselas: .

COMISIÓN EUROPEA, 2011. *Hoja de Ruta de la Energía para 2050. COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES*. Hoja de Ruta edn. Bruselas: Europa.

CONCERTED ACTION, 2014.09.01, 2014-last update, Energy Performance of Buildings. Available: <http://www.epbd-ca.eu/> [03/04, 2015].

CONCERTO, 2012. *SERVE. SUSTAINABLE ENERGY FOR THE RURAL VILLAGE ENVIRONMENT*. Concerto programme.

COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, 2014. *Conclusions on cultural heritage as a strategic resource for a sustainable Europe*. Brussels: The Council of the European Union.

DAUGSTAD, K., RØNNINGEN, K. and SKAR, B., 2006. Agriculture as an upholder of cultural heritage?

Conceptualizations and value judgements—A Norwegian perspective in international context. *Journal of Rural Studies*, **22**(1), pp. 67-81.

DE LAFFITTE, A., 1902. El “baserritarra”: suceso histórico. *Euskal-erria: revista bascongada*, (46), pp. 173.

DE SANTOLI, L., 2015. Guidelines on energy efficiency of cultural heritage. *Energy and Buildings*, **86**(0), pp. 534-540.

DIPUTACIÓN DE VIZCAYA, 1933. *Protección al Caserío Vasco. Nuevo Reglamento para la concesión de auxilios a la construcción de nuevos caseríos, higienización de los existentes y adquisición de su propiedad por los arrendatarios*. Bilbao: Provincia de Vizcaya.

DONATO, F. and LOHRASBI, A., 2014. *Cultural Heritage Management for Sustainable Development in Rural Cultural Landscapes: The Case of Throne of Solomon in Iran*. Ferrara, Italy: Università degli Studi di Ferrara.

ECHEVARRÍA, A. and MIAZZO, R., 2002. *El ambiente en la producción animal*. FAV UNRC.

El caserío Vasco; Labores de la familia labradora. 1959. 11 edn. Donostia-San Sebastian: Sociedad de Ciencias Aranzadi.

ELSORADY, D.A., 2014a. Assessment of the compatibility of new uses for heritage buildings: The example of Alexandria National Museum, Alexandria, Egypt. *Journal of Cultural Heritage*, **15**(5), pp. 511-521.

ELSORADY, D.A., 2014b. Assessment of the compatibility of new uses for heritage buildings: The example of Alexandria National Museum, Alexandria, Egypt. *Journal of Cultural Heritage*, **15**(5), pp. 511-521.

ENGLISH HERITAGE, 2008. *Energy conservation in traditional buildings*. King, J. edn. English Heritage.

ETXEBARRIA, U., 2009, 18.03.2009. 400 vascos ya reciben en casa productos de baserri comprados por Internet. *20 minutos*, <http://www.20minutos.es/noticia/457762/0/productos/ecologicos/venta/#xtor=AD-15&xts=467263#xtor=AD-15&xts=467263>.

EUMAYORS, *Pacto de los alcaldes*.

EURIMA, 2007a. ANNEX1 - U-VALUES FOR BETTER ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS. Brussels (Belgium): .

EURIMA, 2007b. U-VALUES FOR BETTER ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS.

Brussels (Belgium): .

EURIMA, 2004. Mitigation of CO₂ -Emissions from the building stock – Beyond the EU Directive on the Energy performance of Buildings.

EUROPEAN COMMISSION, 2015-last update, CONCERTO. Energy Solutions for smart cities and communities. [Homepage of European Research Framework Programme], [Online]. Available: <http://concerto.eu/concerto/concerto-sites-a-projects.html> [06/05, 2015].

EUROPEAN COMMISSION, 2012. *La Hoja de Ruta de la Energía para 2050*. Propuesta de resolución del Parlamento Europeo edn. Bruselas: Comunidad Europea.

EUROPEAN COMMISSION, 2011. *Plan de Eficiencia Energética 2011*. Brussels: European Commission.

EUROPEAN COMMISSION, 2010. *Energy 2020. A strategy for competitive, sustainable and secure energy*. Brussels: .

EUSKALMET, 31.08.2015, 2015a-last update, Datos estadísticos diarios [Homepage of Euskalmet], [Online]. Available: [http://www.euskalmet.euskadi.net/s07-5853x/es/meteorologia/estadisticas.apl?e=5&campo=C069-Almike%20\(Bermeo\)](http://www.euskalmet.euskadi.net/s07-5853x/es/meteorologia/estadisticas.apl?e=5&campo=C069-Almike%20(Bermeo)) [06/20, 2015].

EUSKALMET, 31.08.2015, 2015b-last update, Datos estadísticos generales [Homepage of Euskalmet], [Online]. Available: <http://www.euskalmet.euskadi.net> [06/20, 2015].

EUSKO LABEL TIENDA, 2015-last update, Eusko Label tienda [Homepage of Gobierno del País Vasco], [Online]. Available: <https://www.euskolabeltienda.com/> [06/08, 2015].

EVE, 2011. *Estrategia energética de Euskadi 2020*. Ente Vasco de la Energía edn. Gasteiz: Gobierno Vasco.

EVE, IHOBE, ORUBIDE and VISESA, 2006. *Guía de edificación sostenible para la vivienda en la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Gasteiz: EVE.

FERNANDEZ, J.P., 2008. *Humedad proveniente del suelo en edificaciones*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

FUENTES, J.M., GALLEGO, E., GARCÍA, A.I. and AYUGA, F., 2010. New uses for old traditional farm buildings: The case of the underground wine cellars in Spain. *Land Use Policy*, 27(3), pp. 738-748.

GARCÍA, S., 1995. *Metodología de diagnóstico de humedades de capilaridad ascendente y*

condensación higroscópica, en edificios históricos, Universidad politécnica de Madrid.

GAZTELU, U., 2012. *Rehabilitación Energética del Caserío Vasco: Hacia un Modelo de Diagnóstico*. 1 edn. Donostia/San Sebastian: Departamento de Arquitectura. EHU/UPV.

GAZTELU, U., 2011. *Guidelines for refurbishment of Baserris*. 1 edn. Machynlleth, Wales. UK: Graduate School of the Environment, Centre for Alternative Technology. School of Computing and Technology; University of East London.

GERBAUDO, G., CAPDEVILA, J., NASSER, J., ZANNI, E. and SAJARNA, A., 2010. VI. Congreso Internacional sobre patología y recuperación de estructuras, *Vulnerabilidad al daño de muros de mampostería debido al humedecimiento del suelo de fundación*, 2,3, 4 June 2010, Cinpar.

GOBIERNO VASCO, Sin publicar. *Spain - Rural Development Programme (Regional) - País Vasco*. Rural Development Programme edn. País Vasco.

GOBIERNO VASCO, 2012a. *Hoja de Ruta de Edificación Sostenible del País Vasco: BULTZATU2025*. Gasteiz: .

GOBIERNO VASCO, 2012b. *Patrimonio Industrial del País Vasco*. 1 edn. Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.

GOBIERNO VASCO, 2011a. *Estrategia Desarrollo Sostenible EcoEuskadi 2020*. Gasteiz: .

GOBIERNO VASCO, 2011b. *Estrategia Energética de Euskadi 2020*. Gobierno Vasco. Departamento de Industria, Innovación, Comercio y Turismo edn. Gasteiz: .

GOBIERNO VASCO, 2010a. *EAE-ko Eraikinak birgaitu eta Hiria berroneratzeko 2010-2013 Plan Estrategikoa*. Gasteiz: Gobierno Vasco. Departamento de Vivienda, Obras Públicas y Transportes.

GOBIERNO VASCO, 2010b. *Pacto Social por la vivienda. Un acuerdo para construir futuro*. Gasteiz: Gobierno Vasco. Departamento de Vivienda, Obras públicas y Transportes.

GOBIERNO VASCO, 2009. *Estudio de la posible división horizontal de las edificaciones residenciales existentes en el suelo clasificado como no urbanizable en el ámbito de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai*. Estudio edn. Gasteiz: Gobierno Vasco.

GÓMEZ, M.D., 2010. *Los valores en el patrimonio arquitectónico*. Trabajo de investigación edn. Córdoba, Argentina: Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de

Córdoba, Argentina.

GONZALEZ MORENO-NAVARRO, J.L., 2014. Congreso Internacional. Eficiencia energética y Edificación histórica, CASAS HISTÓRICAS Y SINGULARES. ARS CIVILIS, ed. In: *EFICIENCIA ENERGÉTICA Y VALORES PATRIMONIALES. LECCIONES DE UNA INVESTIGACIÓN Y UN SEMINARIO*, 29.09.2014 2014, pp. 110.

GOVERNMENT OF IRELAND, 2010. *Energy efficiency in traditional buildings*. Donnelly, J. edn. Dublin: Government of Ireland.

GUIMÓN, P., 1930. Prólogo para el libro “*La arquitectura del caserío vasco*” de Baeschlin, Alfredo. Barcelona: CANOSA.

GULLINO, P. and LARCHER, F., 2013. Integrity in UNESCO World Heritage Sites. A comparative study for rural landscapes. *Journal of Cultural Heritage*, 14(5), pp. 389-395.

HARTMAN, V., KIRAC, M., ZANKI, V., GROZDEK, M., POLETO, D. and RONCHINI, C., 2013. *Energy Efficiency and Energy Management in Cultural Heritage*. Hartman, V.; Kirac, M.; Scalet, M edn. Zagreb: Venice Office.

HEATH, N., 2014. Congreso Internacional. Eficiencia energética y Edificación histórica, CASAS HISTÓRICAS Y SINGULARES. ARS CIVILIS, ed. In: *Sustainable refurbishment of historic: risks, solutions and best practice*, 29.09.2014 2014, pp. 100.

HELBIG, O., WEDEBRUNN, O., HAAS, F., FRANZEN, C. and BRINKHAUS, K., 2014. D2.1 – WP 2 “Analysis of Building Heritage”. *3ENCULT. Energy Efficient Energy for EU Cultural Heritage*.

HOLT, E., 27.03.2013, 2013-last update, Agroecología en Euskal Herria [Homepage of Baserri Bizia], [Online]. Available: <http://www.baserribizia.info/index.php/home/elkarriketak/102-elkarriketak/4714-eric-holt-qbaserritarras-y-grupos-de-consumo-han-encontrado-formulas-muy-interesantes-en-euskal-herriaq> [08/07, 2015].

HUBER, A., 2015. *Formulario di verifica Minergie*. Suiza: Associazione Minergie.

IBAÑEZ, M., SANTANA, A., TORRECILLA, M.J. and ZABALA, M., 2003. Igartubeiti, baserri bati buruzko arkeologi ikerlana. Igartubeiti, investigación arqueológica de un caserío. *Igartubeiti, Gizpukoako baserri bat. Igartubeiti, un caserío Guipuzcoano*. Donostia: Gipuzkoako Foru Aldundia, pp. 151-169.

ICOMOS, 2011. Documente de Madrid 2011, *Criterios de intervención en el Patrimonio Arquitectónico del siglo XX*, Junio 2011 2011, International Conference Intervention Approaches for the 20th Century

Architectural Heritage, pp. 1-5.

ICOMOS, 2010. *New Zealand Charter for the Conservation of Places of Cultural Heritage Value*. New Zealand: International Council on Monuments and Sites.

ICOMOS, 2000. *Krakow Charter 2000: Principles for Conservation and Restoration of Built Heritage*. Krakow, Poland: Bureau Krakow.

ICOMOS, 1999. *Carta del patrimonio vernáculo construido*. Mexico: International Council on Monuments and Sites.

IDAE, 2014. *Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020*. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

IDAE, 2012. *Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios*. IDAE edn. Madrid: Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía.

IDAE, 2011. *Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020*. MADRID: IDAE.

IDAE, 2008. *Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios*. IDAE edn. Madrid: Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía.

IEE, 2012-last update, SUSTAINCO. Sustainable Energy for Rural communities [Homepage of IEE], [Online]. Available: <http://www.sustainco.info/es/> [01/03, 2015].

IHOBE, 2014. *Edificación y Rehabilitación Ambientalmente Sostenible en Euskadi*. IHOBE edn. Bilbao: IHOBE.

IHOBE, 2009. *Estrategias de Desarrollo Sostenible de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai 2009-2015*. Ihoibe, S.A. Sociedad Pública del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco.

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA, 2014. *Los nuevos paradigmas de la conservación del patrimonio cultural 50 años de la Carta de Venecia*. López, F.J.; Vidargas, F. edn. México, D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

JIMURA, T., 2011. The impact of world heritage site designation on local communities – A case study of Ogimachi, Shirakawa-mura, Japan. *Tourism Management*, 32(2), pp. 288-296.

JOXEFE, 9/01/2010, 2010-last update, Jauregi Baserria. Available: <https://www.flickr.com/photos/atauri/4263556954/in/album-72157623064582071/>

[07/08, 2015].

KATHRYN B. JANDA, 2011. Buildings don't use energy: people do. *Architectural Science Review* 54, , pp. 15-15-22.

LANDETXXO GOIKOA, 2014-last update, Landetxo goikoa museoa. Available: <http://www.izenaduba.com/landetxo-goikoa> [09/06, 2015].

LANGSTON, C., WONG, F.K.W., HUI, E.C.M. and SHEN, L., 2008. Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong. *Building and Environment*, 43(10), pp. 1709-1718.

LARRAÑAGA, J.A., LOINAZ, J.L., SANTANA, A. and ZULUETA, A., eds, 2001. *Euskal Herriko baserriaren arkitektura, historia eta tipologia*. Vitoria-Gasteiz: Gobierno Vasco.

LEKUONA, J.M., 1972. Baserria. *Ikusmirak eguneroko gaietatik*. Donostia: pp. 3.

LEZIKA, 2014-last update, Lezika restaurante. Available: <http://www.restaurantelezika.com/> [10/02, 2015].

LIÑARES, P., 2012. *Rehabilitación Sostenible de viviendas históricas en Santiago de Compostela*, Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Departamento de Construcción y Tecnologías Arquitectónicas.

LÓPEZ, D., 2013. *Metodologías participativas, agroecología y sostenibilidad rural*. "La Participación como herramienta de Dinamización Comunitaria y Agroecológica en el Medio Rural". Aula Ambiental. edn. Valsain: Centro Nacional de Educacion Ambiental.

LÓPEZ, M., YÁÑEZ, A., GOMES DA COSTA, S. and AVELLA, L., 2014. *Actas del Congreso Internacional de Eficiencia Energética y Edificación Histórica / Proceedings of the International Conference on Energy Efficiency and Historic Buildings*. Fundación de Casas Históricas y Singulares y Fundación Ars Civilis, edn. Madrid: .

MAY, N. and RYE, C., 2012. *Responsible Retrofit of Traditional Buildings*. London: STBA.

MINISTERIO DE CULTURA, 2009. *Arqueología aplicada al estudio e interpretación de edificios históricos Últimas tendencias metodológicas*. Secretaría General Técnica.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGIA Y TURISMO, 2014. *Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020*. Madrid: Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGIA Y TURISMO, 2013. *Reglamento de Instalaciones*

Térmicas en los Edificios (RITE). Reglamento de edificación edn. Madrid: Estado Español.

Montalbán B. Rehabilitación sostenible de la arquitectura tradicional del valle del Jerte. 2015.

Montaje concierto Chillida. Available: http://www.museochillidaleku.com/uploads/tx_abdownloads/files/Montaje_concierto_de_piano_1_01.JPG [06/08, 2015].

NABONI, E., ZHANG, Y., MACCARINI, A., MACCARINI, A., LEZZI, A. and HIRSCH, E., 2013. *Building Simulation Application BSA 2013: 1st IBPSA Italy Conference*, P. BU, ed. In: *Extending the use of parametric simulation in practice through a cloud based online service*, 01/2013 2013, pp. 105-112.

NACIONES UNIDAS, 1992. *CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO*. Nueva York, EE.UU.: Naciones Unidas.

NGUYEN, A., TRAN, Q., TRAN, D. and REITER, S., 2011. An investigation on climate responsive design strategies of vernacular housing in Vietnam. *Building and Environment*, 46(10), pp. 2088-2106.

OIKONOMOU, A. and BOUGIATIOTI, F., 2011. Architectural structure and environmental performance of the traditional buildings in Florina, NW Greece. *Building and Environment*, 46(3), pp. 669-689.

ONSET COMPUTER CORPORATION, 2005. *HOBO® U10 Temp/RH Data Logger (Part # U10-003)*. Manual de instrucciones edn.

PARLAMENTO EUROPEO, 2012. *Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de Octubre de 2012*. directiva edn. Europa.

PARLAMENTO EUROPEO, 2010. *Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de Mayo de 2010*. directiva edn. Europa.

PARLAMENTO EUROPEO, 2002. *Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de Diciembre de 2002*. directiva edn. Europa.

PASSIVHAUS INSTITUT, 2013. *EnerPHit y EnerPHit +i. Criterios de certificación para rehabilitaciones energéticas con componenets Passivhaus*. Darmstadt: Passivhaus Institut.

QUIRÓS, J.A., 2002. Arqueología de la Arquitectura en España. *Arqueología de la Arquitectura*, 1, pp. 27-38.

RAMBELL, G., GARZILLO, C. and WEDEBRUNN,

O., 2014. D2.3 – “Proposal of generic replicable factors”. *3ENCULT. Energy Efficient Energy for EU Cultural Heritage*.

RAMBELL, G., KUNT, D. and KERSCHBAUMER, E., 2014. D6.3 – Summary results e-guide for local governments outlining replication potential. *3ENCULT. Energy Efficient Energy for EU Cultural Heritage*.

RAPOPORT, A., ed, 1969. *House Form and Culture*. Prentice Hall: Englewood Cliffs.

RAPOPORT, A., ed, 1990. *History and precedent in environmental design*. New York: Plenu, Press.

SÁNCHEZ, M., GRANDE, I., GIL, J.M. and GRACÍA, A., Evaluación del potencial de mercado de los productos de agricultura ecológica. *Revista Española de Investigación de Marketing. ESIC*, , pp. 135-150.

SÁNCHEZ-ZAMORA, P., GALLARDO-COBOS, R. and CEÑA-DELGADO, F., 2014. Rural areas face the economic crisis: Analyzing the determinants of successful territorial dynamics. *Journal of Rural Studies*, **35**(0), pp. 11-25.

SANTANA, A., ed, 1989. *Arqueología, Urbanismo y Arquitectura*. Bilbao: Bizkaiko Foru Aldundia.

SANTANA, A., IZAGIRRE, M., SAGARZAZU, I., IBÁÑEZ, M., TORRECILLA, M.J., ZABALA, M., AYERZA, R., CANO, M., STUDER, G. and TELLABIDE, J., 2003. *Igartubeiti, Gizpukoako baserri bat*. Gipuzkoako Foru Aldundia. Kultura, Euskara, Gazteria eta Kiroletako Departamentua edn. Donostia: .

SANTANA, A., 1998. Patrimonio cultural y turismo: reflexiones y dudas de un anfitrión. *Revista Ciencia y Mar*, , pp. 37-41.

SANTANA, A., ed, 1993a. *Baserria*. Gipuzkoa: .

SANTANA, A., 1993b. Los caseríos vizcaínos. *Narria*, **3**(9), pp. 61.

SCHEINMAN, A., 2009. *Cultural Heritage Landscapes and Built Heritage Resources Assessment*. Caledon: Town of Caledon.

SCHNIEDERS, J., FEIST, W. and RONGEN, L., 2015. Passive Houses for different climate zones. *Energy and Buildings*, **105**, pp. 71-87.

SEIKO, *Manual de instrucciones del medidor láser Seiko HC-1000*. Manual de instrucciones edn.

SHEN, L., JORGE OCHOA, J., SHAH, M.N. and ZHANG, X., 2011. The application of urban sustainability indicators – A comparison between various practices. *Habitat International*, **35**(1), pp. 17-29.

The market of Guernica 2010-last update. Available: http://espanafascinante.com/wp/wp-content/uploads/medio2_fiestas_vizcaya_gernika_ultimoluness.jpg [02/03, 2015].

TELLERIA, T., 2009. *IbarrolaH. Modos de actuación en los caseríos; reinterpretación de IbarrolaH de Usurbil* (v2). Trabajo de investigación edn. Donostia: .

THE ACTIVE HOUSE ALLIANCE, 2015-last update, Active House. Available: <http://www.activehouse.info/> [04/06, 2014].

THOMSEN, A. and VAN DER FLIER, K., 2011. *Obsolescence, conceptual model and proposal for case studies*. Delft, Netherlands: Delft University of Technology.

TNO, 2011. *TNO Built Environment and Geosciences – Glazing type distribution in the EU building stock*. TNO.

TROI, A., 2011. Historic buildings and city centres – the potential impact of conservation compatible energy refurbishment on climate protection and living conditions, *Energy Management in Cultural Heritage*, April 2011 2011.

UNESCO, 2015/06/22, 2015-last update, Man and the Biosphere Programme [Homepage of UNESCO], [Online]. Available: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/ecological-sciences/man-and-biosphere-programme/> [06/24, 2015].

UNESCO, 2013. *Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO).

Vitoria Rural. Proyecto para la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de San Sebastián. 2012. Exposition panel edn. Gasteiz-Vitoria

W.W.F., 2010. *Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO2 del parque residencial existente en España en 2020*. Madrid: European Climate Foundation.

WEDEBRUNN, O., 2015. Cultural heritage. In: Z. BASTIAN and A. TROI, eds, *Energy Efficiency solutions for Historical Buildings*. Bastian, Z.; Troi, A. edn. Basel: Felix, A., Schmid, P., pp. 32-38.

WEDEBRUNN, O., COLLA, C., DAHL, T. and FRANZEN, C., 2013. *Analysis of Built Heritage - Energy and Culture*. 3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation, EWCHP.

YRIZAR, J., 1965. *Las casas vascas*. Bilbao

13.1. CONTEXTO ENERGÉTICO

En primer lugar, se analizan las normativas de eficiencia energética aprobadas en el marco de la Unión Europea, centrándonos especialmente en los edificios y en sus elementos de construcción, dejando a un lado aquellos temas relacionados con la energía y con el sector de la construcción, así como el uso de energías renovables y la gestión de residuos.

13.1.1. NORMATIVAS EUROPEAS

13.1.1.1. DIRECTIVA EUROPEA 2002/91/ce sobre la eficiencia energética de los edificios (EPBD, Energy Performance of Buildings Directive) (Parlamento Europeo 2002)

- **Origen.** Como ya se ha mencionado, esta directriz se crea con la finalidad de encaminar los compromisos para reducir las emisiones de CO₂ acordadas por la Unión Europea en el Protocolo de Kioto. Estos compromisos requieren una reducción del 8% con respecto a 1990 de las emisiones de los gases efecto invernadero en las fechas comprendidas entre 2008-2012. En este contexto, en el año 2000 la Comisión Europea se pone en marcha el Programa para el cambio Climático Europeo (ECCP; European Climate Change Programme), para implementar una comunidad-estrategia común para el Protocolo de Kioto. En el primer informe del ECCP se identifican las medidas coste-efectividad para la reducción de vertidos de los gases efecto invernadero y se entrega una lista de prioridades. Entre estas acciones el impulso de la mejora del comportamiento

13.1. ENERGY CONTEXT

energético de los edificios cobra gran importancia, de hecho, se atribuye un significativo 40% de los vertidos al sector de la construcción, acelerando las mejoras en la efectividad energética. Así pues, con el objetivo de dirigir estas acciones, en el año 2002 se aprueba la directiva 2002/91/CE, el cual se convierte en el marco de efectividad energética.

- **Objetivos.** El principal objetivo de la directiva es impulsar las medidas de coste-efectividad para mejorar el comportamiento energético de los edificios teniendo en cuenta las peticiones y condiciones de cada lugar. El comportamiento energético de los edificios lo encauzan en su globalidad, incluyendo la adaptación del espacio (calentamiento y enfriamiento), teniendo en cuenta el agua caliente sanitaria, la renovación del aire y la iluminación, tanto para los elementos del edificio como para los sistemas de climatización. En este sentido, se extiende una petición a los Estados Miembro para endurecer las leyes, limitando el plazo de implementación al 2006. El campo de aplicación de estos valores mínimos de efectividad se extiende a todos los edificios de nueva construcción, con ciertas excepciones, así como a grandes renovaciones, limitándolo a las superiores a 1000 m².

Al mismo tiempo, para cerciorarse de que todas estas peticiones se cumplen (en el caso de los edificios nuevos y las grandes reformas) y para concretar el comportamiento energético de los edificios

(en el caso de los que existen), implanta la obligación de obtener los certificados energéticos en los casos de construcción, compra-venta o alquiler de edificios.

- Artículos y alusiones de referencia

dimensiones es una buena oportunidad de tomar medidas eficaces en relación con el coste para aumentar su rendimiento energético. Son reformas importantes, por ejemplo, los casos en que los costes totales de la renovación referentes al cerramiento exterior del edificio o a instalaciones energéticas tales como calefacción, suministro de agua caliente, aire acondicionado, ventilación e iluminación son superiores al 25 % del valor del edificio, excluyendo el valor del terreno en el que está construido, o cuando se renueva más del 25 % del cerramiento exterior del edificio.

(14) No obstante, la mejora de la eficiencia energética global de un edificio existente no significa necesariamente una renovación total del edificio sino que puede limitarse a aquellas partes que sean más importantes para la eficiencia energética del edificio y tengan una rentabilidad adecuada.

(15) Los requisitos de renovación para los edificios existentes no deben ser incompatibles con la función prevista, cualidad o carácter del edificio. Debe ser posible recuperar costes adicionales relacionados con dicha renovación en un plazo razonable respecto a la esperanza teórica de vida de la inversión por medio de mayores ahorros de energía.

(22) Es necesario atender a la posibilidad de adaptar rápidamente los métodos de cálculo y de que los Estados miembros revisen periódicamente los requisitos mínimos aplicables a la eficiencia energética de los edificios, a la vista del progreso técnico, en relación, entre otros aspectos, con las propiedades (o la calidad) aislantes de los materiales de construcción y de la futura evolución del proceso de normalización.

Artículo 3

Adopción de una metodología

Los Estados miembros aplicarán, a escala nacional o regional, una metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios, cuyo marco general se expone en el anexo. Las partes 1 y 2 de dicho marco se adaptarán a los avances técnicos con arreglo al procedimiento indicado en el apartado 2 del artículo 14, teniendo en cuenta las normas o regulaciones aplicadas en el Derecho interno de los Estados miembros. Dicha metodología se establecerá a escala nacional o regional. La

eficiencia energética de un edificio se expresará de una forma clara y podrá incluir un indicador de emisiones de CO₂.

Artículo 4

Requisitos de eficiencia energética

1. Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para garantizar que se establezcan unos requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios, sobre la base de la metodología a que se refiere el artículo 3. Cuando establezcan los requisitos, los Estados miembros podrán distinguir entre edificios nuevos y edificios existentes, así como entre diferentes categorías de edificios. Estos requisitos deberán tener en cuenta las condiciones ambientales generales interiores, para evitar posibles efectos negativos, como una ventilación inadecuada, así como las particularidades locales, el uso a que se destine el edificio y su antigüedad. Estos requisitos serán revisados periódicamente en intervalos no superiores a 5 años y, en caso necesario, actualizados con el fin de adaptarlos a los avances técnicos del sector de la construcción.

...

3. Los Estados miembros podrán decidir no establecer o no aplicar los requisitos a que se hace referencia en el apartado 1 a las siguientes categorías de edificios:

...

— edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, cuando el cumplimiento de tales requisitos pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto.

...

Artículo 6

Edificios existentes

Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para garantizar que, cuando se efectúen reformas importantes en edificios con una superficie útil total superior a 1000 m², se mejore su eficiencia energética para que cumplan unos requisitos mínimos siempre que ello sea técnica, funcional y económicamente viable. Los Estados miembros calcularán esos requisitos mínimos de acuerdo con los requisitos establecidos para los edificios en el artículo 4. Los requisitos podrán establecerse, bien para el conjunto del edificio reformado, o bien para los sistemas o componentes reformados cuando sean parte de una renovación que se lleva a cabo en un período de tiempo limitado, con el objetivo mencionado anteriormente de mejorar la eficiencia energética global del edificio.

Artículo 7

Certificado de eficiencia energética

1. Los Estados miembros velarán por que, cuando los edificios sean construidos, vendidos o alquilados, se ponga a disposición del propietario o, por parte del propietario, a disposición del posible comprador o inquilino, según corresponda, un certificado de eficiencia energética. La validez del certificado no excederá de 10 años. Para las viviendas o para los locales destinados a uso independientes situados en un mismo edificio, la certificación podrá basarse:

— en una certificación única de todo el edificio, en el caso de aquellos edificios que dispongan de un sistema de calefacción centralizado, o

— en la evaluación de una vivienda representativa del mismo edificio.

Los Estados miembros podrán excluir de la aplicación del presente apartado las categorías contempladas en el apartado 3 del artículo 4.

...

Artículo 13

Adaptación del marco

Las partes 1 y 2 del anexo se revisarán en intervalos regulares que no serán inferiores a dos años.

Fig. 319. Energy Performance of Buildings Directive's articles related to baserri's case (Parlamento Europeo 2002)

- **Influencia en la rehabilitación de caseríos.** Como se puede leer en el artículo 6, en lo que respecta a algunas peticiones del cumplimiento energético mínimo, la mayoría de las renovaciones de caseríos quedan fuera del campo de aplicación de esta directiva, en los casos en los que no se renueva una superficie útil superior a 1000m².

En cuanto a los certificados energéticos existentes, según lo mencionado en el artículo 7, además de las reformas superiores a 1000m² útiles, el área obligatoria se reduce a los casos en los que se ponen a la venta o en alquiler, por lo tanto, quedan fuera del área de influencia de esta directiva las renovaciones que no cumplan estas condiciones.

- Sin embargo, cabe destacar que a pesar de que la mayoría de las renovaciones de caseríos quedan fuera de esta directiva, en cuanto a las medidas de

aislamiento se refiere los profundos cambios del sector de la construcción derivados de estas, se han reflejado a la hora de renovar los caseríos, gracias a algún tipo de contaminación, tanto por la actualización del sector como por la concienciación de los usuarios y el aumento de información.

13.1.1.2. DIRECTIVA EUROPEA 2010/31/UE sobre la eficiencia energética de los edificios (EPBD recast) (Parlamento Europeo 2010)

- **Origen.** En 2007 el Comité Europeo advierte sobre la necesidad de dar otro impulso a la eficiencia energética para poder llegar a los objetivos marcados para el 2020 con respecto a la reducción de las emisiones de CO₂, recalando que los avances llevados a cabo hasta entonces no son suficientes. Para el 2020 se fijan los objetivos llamados "20/20/20", reivindicando el carácter

vinculante de estos:

- La reducción del 20% de los gases efecto invernadero (pudiendo llegar al 30% en caso de llegar a un acuerdo internacional)
- La reducción del consumo de energía del 20%, mediante la mejora del rendimiento.
- Producir el 20% de la demanda energética mediante energías renovables.
- Para poder llegar a estos objetivos, se considera imprescindible la revisión de la directiva 2002/91/CE, con el objetivo de endurecer dichas peticiones y ampliar el área de aplicación.
- **Objetivos.** La Directiva Europea 2010/31/UE, excepto la remodelación del 2002 (conocido como “EPBD Recast”), establece la actualización nombrada en su antecesor en cuanto a la demanda energética, encaminando las nuevas edificaciones hacia el estándar de consumo bajo energía y ampliando el área de aplicación a la mayoría de los edificios.
- Para la aplicación de las condiciones mínimas energéticas propone una metodología basada en el principio coste-efectividad. El objetivo de este método es impulsar las medidas económicamente rentables, teniendo en cuenta el ciclo de vida de los edificios y sus secciones. A los Estados Miembros se les pide que calculen las características mínimas de eficiencia de los edificios y sus adaptaciones siguiendo este método, obligando así a actualizar los valores obtenidos, cuando estos son superiores a los indicados en las normas vigentes. Asimismo, se subraya la importancia de promover los edificios que son más

eficientes que aquellos que se limitan a cumplir los valores mínimos, impulsando la expansión de los edificios de consumo energético de casi cero. En este sentido, a partir del 31 de diciembre de 2020, como muy tarde, expande a todos los edificios de nueva construcción la condición de tener un consumo de energía casi nulo, adelantando esta petición para los edificios públicos al 2018. Del mismo modo, se llama a los Estados Miembro para imponer los objetivos medios para posibilitar el poder llegar el 2015 a los requisitos marcados para el 2020.

- En lo que a la rehabilitación se refiere, provocado por la bajada de edificios de nueva planta, a sabiendas de la importancia que tendrá este campo a medio plazo en el sector de la construcción, y por consiguiente, teniendo en cuenta que los edificios ya existentes continuarán completando la mayoría de los inmuebles de Europa a largo plazo, se toma la decisión de aumentar el área de renovaciones que están obligados a cumplir los valores mínimos de efectividad, de lo contrario se da por imposible el logro de los objetivos fijados del ahorro energético. De esta manera, desaparece la condición de limitación del área de aplicación para las renovaciones superiores a 1000m², expandiéndose a las “renovaciones importantes” en los casos en los que el área de los envolventes térmicos o el valor energético del edificio, superan el 25%.

- Artículos de referencia.

Artículo 1

Objeto

2. La presente Directiva establece requisitos en relación con:

a) el marco común general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios o de unidades del edificio;

b) la aplicación de requisitos mínimos a la eficiencia energética de los edificios nuevos o de nuevas unidades del edificio;

c) la aplicación de requisitos mínimos a la eficiencia energética de:

i) edificios y unidades y elementos de edificios existentes que sean objeto de reformas importantes,

ii) elementos de construcción que formen parte de la envolvente del edificio y tengan repercusiones significativas sobre la eficiencia energética de tal envolvente cuando se modernicen o sustituyan

3. Los requisitos que establece la presente Directiva son requisitos mínimos y se entienden sin perjuicio de que cualquier Estado miembro mantenga o introduzca medidas más estrictas.

Artículo 2

Definiciones

10) «reformas importantes»: renovación de un edificio cuando:

a) los costes totales de la renovación referentes a la envolvente del edificio o a sus instalaciones técnicas son superiores al 25 % del valor del edificio, excluido el valor del terreno en el que está construido, o

b) se renueva más del 25 % de la superficie de la envolvente del edificio.

Los Estados miembros podrán elegir entre la aplicación de la opción a) o b);

Artículo 4

Requisitos mínimos de eficiencia energética

1. Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para garantizar que se establezcan unos requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios o unidades de este con el fin de alcanzar niveles óptimos de rentabilidad. La eficiencia energética se calculará de acuerdo con la metodología a que se refiere el artículo 3. Los niveles óptimos de rentabilidad se calcularán de acuerdo con el marco metodológico comparativo mencionado en el artículo 5, cuando esté disponible.

Cuando establezcan los requisitos, los Estados miembros podrán distinguir entre edificios nuevos y edificios existentes, así como entre diferentes categorías de edificios.

Estos requisitos deberán tener en cuenta las condiciones ambientales generales interiores, para evitar posibles efectos negativos, como una ventilación inadecuada, así como las particularidades locales, el uso a que se destine el edificio y su antigüedad.

No se exigirá a los Estados miembros que establezcan unos requisitos mínimos de eficiencia energética que no resulten rentables a lo largo del ciclo de vida útil estimada.

Los requisitos mínimos de eficiencia energética se revisarán periódicamente a intervalos no superiores a cinco años y, en caso necesario, se actualizarán con el fin de adaptarlos a los avances técnicos del sector de la construcción.

Artículo 5

Cálculo de los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética

1. La Comisión establecerá mediante actos delegados de conformidad con los artículos 23, 24 y 25 y a más tardar el 30 de junio de 2011, un marco metodológico comparativo para calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos.

El marco metodológico comparativo se establecerá con arreglo al anexo III y distinguirá entre edificios nuevos y edificios existentes, así como entre diferentes categorías de edificios.

2. Los Estados miembros calcularán los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética utilizando el marco metodológico comparativo establecido con arreglo al apartado 1 y los parámetros pertinentes, tales como las condiciones climáticas y la accesibilidad práctica de las infraestructuras energéticas, y compararán los resultados de este cálculo con los requisitos mínimos de eficiencia energética en vigor.

3. Si de la comparación realizada de conformidad con el apartado 2 se desprende que la eficiencia energética de los requisitos mínimos vigentes es muy inferior a los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética, el Estado miembro de que se trate motivará por escrito esa diferencia a la Comisión en el informe mencionado en el apartado 2 y adjuntará, en la medida en que no pueda motivarse la diferencia, un plan en el que se expongan medidas adecuadas para que la diferencia se reduzca de manera considerable a más tardar en la siguiente revisión periódica de los requisitos de eficiencia energética a que se refiere el artículo 4, apartado 1.

Artículo 7

Edificios existentes

3. Los planes nacionales incluirán, entre otros, los siguientes elementos:

a) la aplicación detallada en la práctica por el Estado miembro de la definición de edificios de consumo de energía casi nulo, que refleje sus condiciones nacionales, regionales o locales e incluya un indicador numérico de uso de energía primaria expresado en kWh/m² al año.

Los factores de energía primaria empleados para la determinación del uso de energía primaria podrán basarse en valores medios anuales nacionales o regionales y tener en cuenta las normas europeas pertinentes;

b) unos objetivos intermedios para mejorar la eficiencia energética de los edificios nuevos en 2015 a más tardar, con vistas a preparar la aplicación del apartado 1.

Fig. 320. EPBD recast's articles related to baseris' case (Parlamento Europeo 2010)

- **Influencia en la rehabilitación de caseríos.** Como se ha mencionado anteriormente, uno de los mayores cambios de esta directiva con respecto a su antecesora es la ampliación de los casos en los que se exige la eficiencia energética mínima, expandiendo la definición de “rehabilitación importante”, eliminando la condición de renovar al menos 1000 m² útiles y expandiéndose a los casos en los que el área de las envolventes térmicas o el valor energético del edificio, superan el 25%. Estas condiciones también integran un gran número de caseríos que se renuevan, puesto que las intervenciones con este porcentaje de alteración son muy comunes. Entre otros, las labores de convertir en habitable la parte trasera de los caseríos –la cuadra y el pajar-, o simplemente el arreglo íntegro del tejado, son dos ejemplos que entrarían dentro del área de aplicación.

Así mismo, a pesar de que se propone la posibilidad de que las condiciones

impuestas a las renovaciones que entran en el área de aplicación no sean las mismas que se les exigen a las de base nueva, el aprobar esta directiva provocaría un profundo cambio en el sector de las reformas de caseríos, obligando a adecuar las técnicas y costumbres de construcción. De hecho, a medida que las condiciones mínimas para las rehabilitaciones se calculen siempre mediante el principio de coste-efectividad, está claro que los valores mínimos actuales se superarían notablemente.

13.1.1.3. DIRECTIVA EUROPEA 2012/27/UE sobre la eficiencia energética de los edificios (Parlamento Europeo 2012)

- **Origen.** El Parlamento Europeo adapta las directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE publicadas en octubre de 2012, y anula por otro lado las directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE. Así pues, se crea con el objetivo de llegar más allá de los objetivos marcados en estos.

- **Objetivos.** La directiva incluye diferentes ámbitos relacionados con la energía, entre otros, los planes de eficiencia energética de administraciones públicas y grandes empresas, las empresas que ofrecen servicios energéticos, proveedores de energía, sistemas de calentamiento y refrigeración, líneas de financiación y la revisión de objetivos del ahorro energético.

En cuanto a los edificios se refiere, la directiva busca impulsar la ejemplaridad de las administraciones públicas impulsando a los edificios privados a ir más allá de la normativa que les es aplicable en cuanto al ahorro energético. Así, obliga a renovar el 3% de toda la superficie de los edificios que son propiedad de las administraciones centrales y de los

edificios que están ocupados, en caso de que tengan una superficie útil mayor de 500 m², extendiéndose a los de menos de 250m² a partir de 2015.

Por otra parte, cada cuatro años se les obliga a las grandes empresas a someterse a las inspecciones energéticas, teniendo que comprobarse en éstas que se han ejecutado las medidas de eficiencia energética, los cuales se recogerán dentro de los planes de eficacia.

- Artículos de referencia.

Artículo 4

Renovación de edificios

Los Estados miembros establecerán una estrategia a largo plazo para movilizar inversiones en la renovación del parque nacional de edificios residenciales y comerciales, tanto público como privado. Dicha estrategia comprenderá:

- a) un panorama del parque inmobiliario nacional basado, según convenga, en un muestreo estadístico;
- b) una definición de enfoques rentables de renovación en relación con el tipo de edificio y la zona climática;
- c) políticas y medidas destinadas a estimular renovaciones exhaustivas y rentables de los edificios, entre ellas renovaciones profundas por fases;
- d) una perspectiva de futuro destinada a orientar las decisiones de inversión de las personas, la industria de la construcción y las entidades financieras;
- e) un cálculo fundado en datos reales, del ahorro de energía y de los beneficios de mayor radio que se esperan obtener.

A más tardar el 30 de abril de 2014, se publicará una primera versión de la estrategia, que se actualizará cada tres años y será remitida a la Comisión en el marco de los Planes nacionales de acción para la eficiencia energética.

A más tardar el 30 de abril de 2014, se publicará una primera versión de la estrategia, que se actualizará cada tres años y será remitida a la Comisión en el marco de los Planes nacionales de acción para la eficiencia energética.

Artículo 5

Función ejemplarizante de los edificios de los organismos públicos

1. Sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 7 de la Directiva 2010/31/UE, cada uno de los Estados miembros se asegurará de que, a partir del 1 de enero de 2014, el 3 % de la superficie total de los edificios con calefacción y/o sistema de refrigeración que tenga en propiedad y ocupe su Administración central se renueve cada año, de manera que cumpla al menos los requisitos de rendimiento energético mínimos que haya fijado en aplicación del artículo 4 de la Directiva 2010/31/UE.

Ese 3 % se calculará sobre la superficie total de los edificios con una superficie útil total de más de 500 m² que tenga en propiedad y ocupe la Administración central del Estado miembro correspondiente que, el 1 de enero de cada año, no cumpla los requisitos nacionales de rendimiento energético mínimo establecidos en aplicación del artículo 4 de la Directiva 2010/31/UE. Dicho límite bajará a 250 m² a partir del 9 de julio de 2015.

- **Influencia en la rehabilitación de caseríos.** Las disposiciones que se mencionan en esta directiva no son directamente aplicables en las reformas del caserío, pero se espera que las líneas de financiación que se proponen sirvan para promover la rehabilitación energética, especialmente en el caso de los que están en alquiler, porque se busca superar los impedimentos que esta situación podría crear.³

13.1.2. TRANSPOSICIONES DE LA DIRECTIVA EN LOS ESTADOS MIEMBRO DE EUROPA

13.1.2.1. Revisión de la normativa energética sobre los edificios de los estados miembro de Europa

Pese a que la directiva EPBD y la revisión de la misma les imponga a los Estados Miembro las demandas, no da ningún detalle ni sobre la dureza de estos ni sobre el control necesario para ponerse en vigor, de manera que se les cede a los Estados la responsabilidad de tomar dichas decisiones. La consecuencia de esto se manifiesta en la diferencia entre nivel de implementación de las medidas y en el ahorro conseguido por los Estados.

Se han publicado varios informes y trabajos de investigación sobre el nivel de implantación de las transposiciones de la directiva y el impacto que estos conllevan: entre otros "ASIEPI. Assesment

and improvement of the EPBD impact” (ASIEPI 2010) y “Concerted Action. Energy Performance of buildings” (Concerted Action 2014). Y de todos ellos, la conclusión principal que se puede destacar es la complejidad de hacer una comparativa directa entre las normativas de distintos países y las demandas energéticas recogidas en las mismas. El nivel de exigencia de las demandas energéticas es muy cambiante de un país a otro, pues está condicionado por muchos factores de distinto carácter. Y evaluar de forma objetiva la idoneidad de estos valores no es un trabajo inminente.

Por ejemplo, en cuanto a la dureza climática se refiere, un edificio de un país que tiene los valores de transmitancia mínimos más altos puede tener una demanda energética menor que el de un país con valores más bajos. Por otro lado, la misma tasa de demanda de renovaciones de aire causa consecuencias muy diferentes en la demanda de calefacción según sea un país de clima frío o cálido. Visto desde el lado contrario, conseguir la misma demanda de espacio-aclimatado, es decir, implantar un valor máximo de KWh/m², requiere un esfuerzo de aislamiento diferente según los distintos climas.

Por otro lado, las diferencias que hay entre los procedimientos para evaluar y regular el comportamiento de la energía de los edificios dificultan aún más la comparación. La infiltración, la renovación de aire o el tratamiento que se les da a los factores tales como los puentes térmicos, el uso de los valores predeterminados o los que están por definir, los diferentes criterios para medir el volumen computable de los edificios, las diferentes exigencias de condición ambiental interna y otros valores que no aparecen claro en los métodos de evaluación obstaculizan la comparación de los resultados. En consecuencia se mezcla la lectura de los logros de cada estado.

Aun teniendo en cuenta todo esto, está claro que algunos Estados Miembro están haciendo

un esfuerzo mayor que otros para adaptarse al camino impuesto por la directiva europea. Para darse cuenta de la diferencia que hay en el nivel de demanda, no hay más que comparar las normativas entre los países con un clima parecido o ver que en muchos países con climas más duros la demanda de calefacción es menor que en otros países más cálidos. Cuando se analizan los plazos para que se realizan las transposiciones de la directiva y sus periódicas actualizaciones obligatorias dentro de un Estado Miembro presentan diferencias considerables; en algunos casos a veces de años y en algunos países la directiva EPBD incluso no se ha implementado en su totalidad.

En las dos siguientes tablas se muestran los valores obtenidos de los diferentes trabajos de investigación que han llevado a cabo varias instituciones de Europa con intención de comparar de forma objetiva el nivel de demanda de los Estados Miembro. Primeramente, se resumen los valores mínimos exigidos para la eficiencia energética de las normativas de envolvente térmica de los Estados Miembro. En la segunda tabla en cambio, se muestran los índices de dureza climática que sirven para implantar estos valores en su contexto.

PAIS	EXIGENCIAS DE AISLAMIENTO, VALOR U[W/m2K]				EXIGENCIA INFILTRACIONES
	CUBIERTA	MUROS EXT.	SUELO	HUECOS	
ALEMANIA	0,24	0,24	0,3	-	Vent natural.: 3.0/h Vent mecánica.: 1/h
AUSTRIA	0,2	0,35	0,4	1,4	Vent natural.: 3.0/h Vent mecánica.: 1.5/h
BELGICA	0,3	0,4	0,6	2,5	12 m3/hm2
BULGARIA	0,3	0,35	0,5	1,8	Apartamentos: High:<2.0/h, Med:2.0-5.0/h, Low:>5.0/h SFH: High:<4.0/h, Med:4.0-10.0/h, Low:>10.0/h
DINAMARCA	0,2	0,3	0,2	1,8	Mejor 1.5 l/sm2 [50 Pa]
REINO UNIDO	0,2	0,3	0,25	2	max: 10 m3/hm2
ESLOVAQUIA	0,19	0,32	-	1,7	SFH: 4/H, Other: 2/h
ESLOVENIA	0,2	0,28	0,9	1.1-1.6	Vent natural.: 3.0/h Vent mecánica.: 2/h
ESPAÑA	0.45-0.65	0.57-0.94	0.62-0.69	3.1-5.7	Zonas A y B: 50 m3/hm2; C, D, E: 27 m3/hm2
ESTONIA	0.15-0.2	0.2-0.25	0.15-0.2	0.7-1.4	reducidos: New: 6 m3/hm2, Existing: 9 m3/hm2 grandes: New: 3 m3/hm2, Existing: 6 m3/hm2
FINLANDIA	0,09	0,17	0,16	1	Nsd: 2.0-4
FRANCIA	0.2-0.25	0.36-0.40	0.37-0.40	1.7-1.9	SFH: 0.8 m3/hm2, Res, Hot, off, educ&health: 1.2 m3/hm2, Other: 2.5 m3/hm2
GRECIA	0.35-0.5	0.4-0.6	0.45-0.5	2.6-3.2	-
HOLANDA	0,4	0,4	0,4	4,2	res: 200 dm3/s @10, non-res: 200 dm3/s per 500 m3 @10
HUNGARIA	0,25	0,45	0,45	1,6	-
IRLANDA	0,25	0,37	0,37	2,2	-
ITALIA	0.32-0.65	0.33-0.62	0.29-0.38	1.3-3.7	-
LETONIA	0.2K-0.35K	0.25K-0.5K	0.2K-0.35K	1.8K-2.4K	natural: vivienda: 3 m3/hm2, Pub: 4 m3/hm2, indus: 6 m3/hm2. Mecánica_ 3 m3/hm2
LITUANIA	0,16	0,2	0,25	1,6	Vent natural.: 3.0 1/h Vent mecánica.: 1.5 1/h
MALTA	0,59	1,57	1,57	5,8	-
POLONIA	0,25	0,3	0,45	1,7	-
PORTUGAL	0.9-1.25	1.45-1.8	-	-	res: 0.6/h
RUMANIA	0,2	0,56	0,35	1,3	-
SUECIA	0.4-0.6	-	-	-	-
SUIZA	0.17-0.2	0.17-0.2	0.17-0.2	1,3	-
CHEQUIA	0,24	0,3	0,45	1,7	Vent natural: Common: <4.5/h, Low: 1.5/h Vent Mecánica: Common: <1.5/h, Low:>1.5/h
CHIPRE	0,85	0,85	2	3,8	-
	0,18	0,22	0,18	1,6	max: 3.0/h

Fig. 322. Summary of thermal transmittance and airtightness values for the thermal envelope in European countries (2013)

PAIS	CIUDAD	GKI_B	GKI_H	GKI_T
BELGICA	Brussels	1.00	0.00	1.00
CHEQUIA	Prague	1.16	0.01	1.17
ALEMANIA	Berlin	1.14	0.02	1.16
DINAMARCA	Copenhagen	1.13	0.00	1.13
ESPAÑA	Madrid	0.52	0.44	0.96
FINLANDIA	Helsinki	1.57	0.00	1.57
FRANCIA	Paris	0.84	0.05	0.89
HUNGARIA	Budapest	0.92	0.23	1.15
IRLANDA	Dublin	0.93	0.00	0.93
ITALIA	Rome	0.40	0.45	0.85
LITUANIA	Vilnius	1.43	0.01	1.43
HOLANDA	De Bilt	1.00	0.00	1.00
NORUEGIA	Oslo	1.47	0.00	1.47
POLONIA	Warsaw	1.34	0.00	1.34
REINO UNIDO	London	0.87	0.01	0.88

Fig. 323. Comparison of energy performance requirement levels for heating (GKI-B),cooling

13.1.3. LA SITUACIÓN DEL ESTADO ESPAÑOL

La aprobación de la Directiva Europea 2002/91/CE se unió al proceso de preparación del Código Técnico de Edificación (CTE), el cual recogió y cambió la normativa sobre la edificación en España. Al mismo tiempo recogía los principios anticipados en la Ley de Ordenanza de la Edificación (LOE). En consecuencia, se tuvo que esperar hasta que se admitió el CTE en 2006 para poner en vigor la primera parte de la transposición.

Hasta entonces, el comportamiento energético de los edificios NBE-CT-79 (B.O.E. 1979) la regulaba la Normativa Básica de Edificación; es decir, las características térmicas que había que exigir a aquellos edificios que estaban sin actualizar desde 1979. Esta norma, tenía básicamente un planteamiento muy parecido al Documento Básico DB-HE de su sucesor CTE, presentando las demandas de manera más simplificada. Fundamentalmente, se encontraba la definición de coeficiente global de la transmisión de calor de la

envolvente térmica KG del edificio y la definición del coeficiente K de cada tipo de envolvente, el equivalente del valor U de hoy en día, el cuál definía el comportamiento energético del edificio, junto con el comportamiento higrotérmico de la envolvente y la permeabilidad. Los valores máximos KG eran cambiantes según parámetros tales como el factor de forma, la zonificación climática basada en grados/por día o la clase de energía utilizada para la calefacción. Al mismo tiempo, los valores K eran diferentes para cada clase de envolvente, dejaban los baos fuera y cambiaban según la zonificación basada en las temperaturas medias de enero.

En la siguiente tabla se exponen los valores máximos K que se les exigía a las envolventes, clasificadas según la zona climática (V, W, X, Y y Z). Aparte del valor que tiene la demanda de la transmitancia para compararse con las de hoy, es destacable que a la hora de establecer los valores máximos de las fachadas se tomaba en cuenta la inercia térmica, al contrario de hoy en día, permitiendo valores K más altos para los sistemas constructivos más pesados.

Tipo de cerramiento		Zona climática según Mapa 2 (art. 13.º)			
		V y W	X	Y	Z
Cerramientos exteriores	Cubiertas	1,20 (1,40)	1,03 (1,20)	0,77 (0,90)	0,60 (0,70)
	Fachadas ligeras ($\leq 200 \text{ kg/m}^2$)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)
	Fachadas pesadas ($> 200 \text{ kg/m}^2$)	1,55 (1,80)	1,38 (1,60)	1,20 (1,40)	1,20 (1,40)
	Forjados sobre espacio abierto	0,86 (1,00)	0,77 (0,90)	0,69 (0,80)	0,60 (0,70)
Cerramientos con locales no calefactados	Paredes	1,72 (2,00)	1,55 (1,80)	1,38 (1,60)	1,38 (1,60)
	Suelos o techos	— (—)	1,20 (1,40)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)
		Valores máximos de K en $\text{kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$)			

Fig. 324. KG values for the climate zone (B.O.E. 1979)

La actualización que se lleva a cabo de estos valores mediante la CTE, junto con varias medidas de eficiencia energética, se realiza con el objetivo de lograr una reducción de un 25% de la demanda energética neta.

Por consiguiente se presenta la revisión de las normas que plasman la transposición EPBD, que coincide con la directiva y se examina el nivel de implementación del mismo.

13.1.3.1. El Real Decreto 314/2006 que acepta el código técnico para la edificación (C.T.E.) (B.O.E. 2006), documento básico DB-HE. Ahorro energético

- **La relación con la directiva.** Los derechos sobre la eficiencia térmica de los edificios que se recogen en la Directiva Europea 2002/91/CE (Parlamento Europeo 2002) se aplican en la normativa nacional mediante el Documento Básico DB-HE de la CTE. Este documento se divide en 5 partes, consiguiéndose cumplir todas las demandas mediante el cumplimiento de todas las partes aplicables a cada caso.

- HE 1 Limitación de la demanda energética
- HE 2 Rendimiento de las instalaciones térmicas
- HE 3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación
- HE 4 Contribución solar mínima del agua caliente sanitaria
- HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de la energía eléctrica

Las condiciones mínimas de eficiencia de la envolvente térmica del edificio se recogen en la sección HE 1. En este apartado se actualizan los valores de transmitancia térmica que determinaba la norma NBE-CT-79.

- **El alcance y las carencias.** Como ya se ha dicho, a la hora de aplicar las demandas de eficiencia energética se siguen las instrucciones de la Directiva Europea.

Al evaluarse la eficiencia de la envolvente térmica se toman en cuenta parámetros tales como las diferentes demandas según los climas regionales (en total diferenciándose 12 regiones), las condiciones de permeabilidad del aire, la atención hacia los puentes térmicos, la implantación de algunos valores mínimos

del ambiente interior, las ganancias solares y las medidas para la protección de los rayos solares, posibilitando así un análisis profundo del comportamiento energético del edificio.

En cuanto al procedimiento de cumplimiento de estas demandas mínimas se refiere se presentan dos opciones

- El procedimiento o método simplificado de prescripción, donde todos los elementos del edificio son mejores que los valores máximos de transmitancia. La justificación del cumplimiento de la normativa se realiza mediante fichas que recogen todos los valores máximos.

- El procedimiento o método general del comportamiento, donde la demanda energética neta calculada es más baja que la del edificio de referencia construido con elementos que cumplen con los valores máximos. Este cálculo se realiza mediante el programa informático de simulación térmica dinámica de nombre LÍDER.

Por lo tanto, se puede decir que en este sentido la transposición se adapta adecuadamente a los derechos básicos. En cuanto a presentar dos procedimientos, se puede entender como medida para adaptarse al gran salto de exigencia de conocimientos que supone la nueva normativa para los técnicos de sector de la construcción del estado Español, de hecho, el cumplimiento del nuevo método obligaba a conseguir el conocimiento de algunos conceptos que hasta entonces eran recomendaciones y del instrumento informático de uso complejo. Esta carencia de conocimiento se le debe en gran parte a haber tenido en vigor durante los

últimos 27 años a la normativa que estaba sin actualizar. Y como se analizará más adelante será un factor a tener en cuenta que condicionará la implementación de la nueva normativa y de su eficacia.

En cuanto al campo de aplicación de la normativa, se limita directamente a lo que concreta la directiva EPBD, es decir, solo incluye edificios de nueva planta y rehabilitaciones a gran escala, definiéndose estos en las mismas especificaciones de la directiva.

Hacer mención a que se preveía que la actualización de las demandas que se especifican en esta norma se realizara cada 5 años, esto es, que para el año 2011 los valores tendrían que estar revisados, aún más tras la publicación EPBD “recast” de la directiva. Esto no siendo así y sumándole al retraso que acarrea la aceptación del ECT, comparando con otros Estados Miembro que ya han realizado algunas actualizaciones, se puede afirmar que el Estado Español se encuentra en puestos inferiores en cuanto a la política de eficiencia energética de los edificios de Europa se refiere.

- Artículos de referencia.

i) opción simplificada, basada en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica. La comprobación se realiza a través de la comparación de los valores obtenidos en el cálculo con los valores límites permitidos. Esta opción podrá aplicarse a obras de edificación de nueva construcción que cumplan los requisitos especificados en el apartado 3.2.1.2 y a obras de rehabilitación de edificios existentes;

ii) opción general, basada en la evaluación de la demanda energética de los edificios mediante la comparación de ésta con la correspondiente a un edificio de referencia que define la propia opción. Esta opción podrá aplicarse a todos los edificios que cumplan los requisitos especificados en 3.3.1.2.

En ambas opciones se limita la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos y se limitan las pérdidas energéticas debidas

4 Para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la tabla 2.1 en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica
U en W/m²K

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

⁽²⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

⁽³⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

5 En edificios de viviendas, las particiones interiores que limitan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas, tendrán cada una de ellas una transmitancia no superior a 1,2 W/m²K.

Tablas 2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA C1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno
Transmitancia límite de suelos
Transmitancia límite de cubiertas
Factor solar modificado límite de lucernarios

$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $F_{Lim}: 0,37$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	-	-	-	0,42	-	0,46

2.2 Condensaciones

1 Las condensaciones superficiales en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio, se limitarán de forma que se evite la formación de mohos en su absorber agua o susceptibles de degradarse y especialmente en los puentes térmicos de los mismos, la humedad relativa media mensual en dicha superficie será inferior al 80%.

2 Las condensaciones intersticiales que se produzcan en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

2.3 Permeabilidad al aire

3 La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá unos valores inferiores a los siguientes:

b) para las zonas climáticas C, D y E: $27 \text{ m}^3/\text{h m}^2$

- **Efectos en la rehabilitación de los caseríos.** Como se ha comentado, al ámbito de aplicación se delimita a lo establecido por la directiva, pues en los casos de que la superficie de intervención en el caserío no superen los 1000 m² no es se requiere aislar la envolvente.

13.1.3.2 El Real Decreto 235/2013 que aprueba el Código técnico de edificación del 2013 actualizando el DB-HE de ahorro de energía (C.T.E 2013).

- **Relación con las directivas.** La Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo exige que la normativa Española se actualice mediante la aprobación

Fig. 325. CTE 2006 articles related to existing buildings (B.O.E. 2006)

- **Efectos en la rehabilitación de los caseríos.** Como se ha comentado, al ámbito de aplicación se delimita a lo establecido por la directiva, pues en los casos de que la superficie de intervención en el caserío no superen los 1000 m² no es necesario aislar la envolvente.

13.1.3.2. El Real Decreto 235/2013 que aprueba el Código técnico de edificación del 2013 actualizando el DB-HE de ahorro de energía (C.T.E 2013).

- **Relación con las directivas.** La Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo exige que la normativa

$C_{ep,base}$ [KWh/m ² ·año]	40	45	50	55	60	70
$F_{ep,sup}$	1000	1000	1000	1500	3000	4000

* Los valores de $C_{ep,base}$ para las zonas climáticas de invierno A, B y C de Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla se obtendrán multiplicando los valores de $C_{ep,base}$ de esta tabla por 1,2.

Española se actualice mediante la aprobación del Real Decreto 235/2013. Con esta nueva legislación se actualizan algunos apartados del Documento DB-HE relativa al ahorro de energía.

Asimismo, deja carente de valor al Real Decreto 47/2007 que regulaba la certificación energética de los nuevos edificios, recogiendo en un único documento los procedimientos de certificación de los nuevos edificios y de los existentes.

- **Variación respecto al CTE 2006.** Se crea el denominado HE 0 que limita por primera vez el Consumo Energético Primario.

Además se endurece la HE 1 relativa a la demanda energética para nueva construcción.

El valor límite $D_{cal,lim}$ obtenido mediante la siguiente expresión:

$$D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup} / S$$

donde,

$D_{cal,lim}$ es el valor límite de la *demanda energética* de calefacción, expresada la superficie útil de los *espacios habitables*;

$D_{cal,base}$ es el valor base de la *demanda energética* de calefacción, invierno correspondiente al edificio, que toma los valores de la tabla 2.

$F_{cal,sup}$ es el factor corrector por superficie de la *demanda energética* valores de la tabla 2.1;

Fig. 326. Regulations of the primary energy consumption. HE0 CTE 2013 (C.T.E. 2013)

Además se endurece la HE 1 relativa a la demanda energética para nueva construcción.

	α	A	B	C	D	E
$D_{cal,base}$ [kW·h/m ² ·año]	15	15	15	20	27	40
$F_{cal,sup}$	p	0	0	1000	2000	3000

- 2 La *demanda energética* de refrigeración del edificio o la parte ampliada, en su caso, no debe superar el valor límite $D_{ref, lim} = 15 \text{ kW·h/m}^2\cdot\text{año}$ para las *zonas climáticas* de verano 1, 2 y 3, o el valor límite $D_{ref, lim} = 20 \text{ kW·h/m}^2\cdot\text{año}$ para la *zona climática* de verano 4.

(C.T.E 2013)

- Respecto a los edificios existentes a pesar de que los límites transmitancias energéticas no varíen, se aumenta el rango de aplicación normativa del 2013 a la mayoría de los casos. Pues se elimina la condición 1000 m² y se aplican las siguientes:

2.2.2 Intervenciones en edificios existentes

2.2.2.1 Limitación de la demanda energética del edificio

Fig. 327. HE1 Energy Demand for new constructions (C.T.E. 2013)

Respecto a los edificios existentes a pesar de que los límites de las transmitancias energéticas no varíen, se aumenta el rango de aplicación de la normativa del 2013 a la mayoría de los casos. Pues se elimina la condición de los 1000 m² y se aplican las siguientes:

tos afectados.

(C.T.E 2013)

- Aunque existe cierta flexibilidad y la normativa muestra cierto respeto al patrimonio o del estado actual del edificio objeto:

Fig. 328. HE1 Energy Demand for new constructions (C.T.E. 2013)

Aunque existe cierta flexibilidad y la normativa muestra cierto respeto al valor

patrimonial o del estado actual del edificio objeto:

- a) en edificios con valor histórico o arquitectónico reconocido, cuando otras soluciones pudiesen alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto, o;
- b) la aplicación de otras soluciones no suponga una mejora efectiva en las prestaciones relacionadas con el requisito básico de "Ahorro de energía", o;
- c) otras soluciones no sean técnica o económicamente viables, o;
- d) la intervención implique cambios sustanciales en otros elementos de la envolvente sobre los que no se fuera a actuar inicialmente.

(C.T.E 2013)

- De acuerdo a la Comisión Permanente para la Certificación Energética de Edificios, a partir del Marzo de 2014 se cancela la opción del procedimiento

Fig. 329. CTE 2013 Flexibility for retrofit of existing buildings (C.T.E. 2013)

De acuerdo a la Comisión Permanente para la Certificación Energética de Edificios, a partir del Marzo de 2014 se cancela la opción del procedimiento simplificado de calificación de eficiencia en Viviendas.

- **Certificado energético.** La expansión de la necesidad de conseguir el certificado se limita exactamente a los casos que se establecían en la EPBD de origen, no haciendo más que completar la transposición de la misma con diez años de retraso. Por lo tanto, al campo de aplicación que hasta ahora está en vigor se les añaden todos los edificios que se ponen en alquiler o en venta.
- El proceso de certificación y los instrumentos para llevarlo a cabo están ya desarrollados y publicados, estando ya en marcha el plazo para que los técnicos se preparen en este procedimiento. La metodología CE3X y CE3 que especifica la directiva Europea se aplicará mediante programas aceptados oficialmente, para proponer como innovación medidas de eficiencia energética y ofreciendo la posibilidad de calcular los plazos para amortizar

estas inversiones mediante el ahorro de energía. Esta posibilidad, siguiendo el principio de coste-efectividad se realiza con la finalidad de dar prioridad a los más rentables de entre las actividades de rehabilitación que se deben proponer.

La principal carencia del procedimiento se debe otra vez a la excesiva simplificación que esta ofrece, debilitando la lectura del comportamiento energético de los edificios que se examinan por la posibilidad de utilizar los valores predeterminados.

- **Influencia en la rehabilitación de los caseríos.** Tal y como se ha mencionado el último DB-HE amplía el rango de aplicación de manera que si los caseríos no se consideran edificios patrimonialmente protegidos, las exigencias de esta normativa influirán directamente en la rehabilitación de los mismos.

En este caso se les exige que la demanda energética sea inferior que al edificio de referencia: el mismo edificio con la siguiente envolvente en caso de Bizkaia.

% de huecos	Transmitancia límite de huecos U _{Hlim} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F _{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5	-	-	-	0,42	-	0,46

(C.T.E 2013)

a construcción de los caseríos tradicionales no se caracteriza con tales valores de trans

La construcción de los caseríos tradicionales no se caracteriza con tales valores de transmitancia, luego necesitará una mejora de capacidad de aislamiento que conlleva una alteración arquitectónica. De modo que es necesario conocer el comportamiento energético de los caseríos para establecer pautas de intervención y contemplar si la aplicación de esta ley vigente ayuda o perjudica a su preservación.

13.1.4. INDICACIONES PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LAS NORMATIVAS

En las directivas europeas, que son la base para la actualización de la normativa a nivel Estatal, se le da gran importancia al procedimiento para la instauración de las demandas térmicas mínimas, proponiendo una metodología concreta para el cálculo de los valores de la demanda. Mientras que en la directiva de 2002 se deja en manos del estado una gran responsabilidad de la definición de estos valores, viendo entre los estados la diferencia de los resultados que esto ha causado, las directivas reescritas limitan la metodología y fija en modo más exacto los objetivos.

Son dos los principales principios que toma como fundamentales los métodos: el ahorro de consumo de energía y la rentabilidad económica. La Unión Europea con el fin de canalizar el logro de los objetivos puestos en 2020, pese a que se le dé

prioridad a la maximización del ahorro energético, la rentabilidad económica se acepta como condición imprescindible para realizar actividades que son necesarias para alcanzar estos objetivos, que a su vez valdría para recuperar la actividad económica y mejorar la competitividad del sector de la energía y de la construcción.

13.1.4.1. Punto de vista económico, principio de coste efectividad

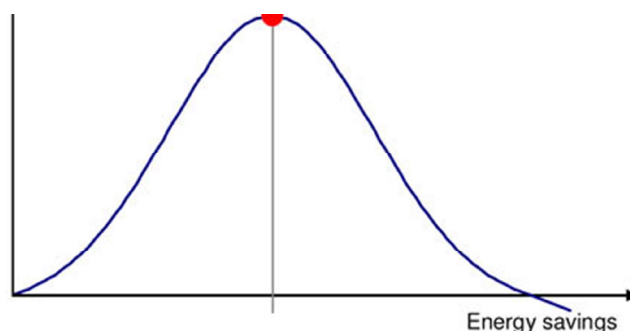
- **Niveles inmejorables de coste para las demandas de eficiencia energética.** Como aparece en el informe “*Cost optimal levels for energy performance requirements*” (Concerted Action 2014) una medida o una serie de medidas es “coste-efectividad” cuando el coste de implementación es más bajo que el valor de la ganancia que se ha generado, teniendo en cuenta el tiempo de vida previsto de la medida. Por lo tanto, este indicador se basa en los costes de un supuesto ejercicio y en la comparación de los ahorros conseguidos, dirigida en este caso a la instauración de un nivel mínimo de las demandas de la eficiencia energética de los edificios.

Se descuentan los costes y los ahorros de un futuro, siendo “*el valor neto del*

momento” lo que se considera como resultado. Si este valor es positivo la actividad será coste-efectivo (para los casos de hipótesis tomados en cuenta en el cálculo). Así, entre la actividad o las actividades que sean de coste-efectividad, el que maximice el valor neto del momento será el “coste inmejorable”.

Mientras que el objetivo de la EPBD y de su actualización sea agilizar el ahorro de

energía y no, sacarle el mayor provecho económico a ello, hay que poner en duda si es suficiente aplicar las medidas de coste-inmejorable definidas con el objetivo de maximizar el valor neto actual. Seguramente, para alcanzar los objetivos de grandes intenciones 20-20-20 sería más recomendable dirigir las medidas hacia aquellos que consiguen los mayores ahorros de energía, bajo la condición de ser coste-efectivo.



(Concerted Action 2014). Esquema de coste efectivo e inmejorable

Fig. 331. Cost efficiency and cost optimality (Concerted Action 2014)

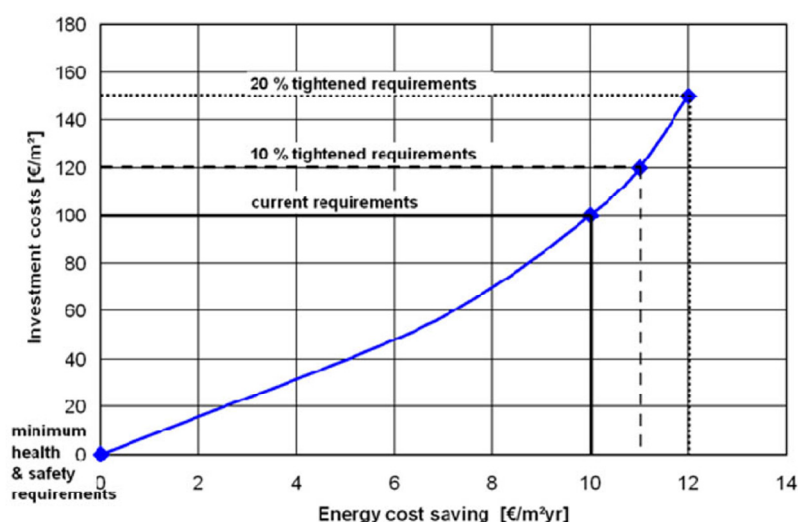


Fig. 332. Cost-benefit diagram of different level of requerimientos (Concerted Action 2014)

La imagen anterior muestra la importancia que tiene la línea-base en el análisis sobre endurecer las demandas de eficiencia energética.

Por ejemplo, un endurecimiento de un 20% comparando con las demandas de hoy en día (al coste suplementario de 50 €/m² le corresponde el ahorro de 2€/m²), se necesitará un plazo más largo (25 años) para el regreso de inversión, comparando con las demandas para las condiciones mínimas de salud y seguridad (es decir, sin tener en cuenta el ahorro de energía, solamente las condiciones para prevenir las condensaciones y las humedades). En este segundo caso, al coste suplementario de 150 €/m² le corresponde el ahorro de 12 €/m², disminuyéndose a la mitad (12,5 años) el plazo de regreso, examinando las mismas medidas pero considerando diferentes líneas de base. En los casos de los edificios que ya existen, otra línea de base a tener en cuenta sería la situación actual del edificio.

Calcular a nivel del estado este aspecto sería muy complejo, de hecho, algunos factores como el nivel de calidad del edificio o la tipología son muy cambiantes en el stock entero de los edificios.

- **Análisis para concretar el nivel de aislamiento coste-rentabilidad.** En el estudio de Ecofys VII (Eurima 2007). Además de explicar los derechos para concretar las demandas de la eficiencia energética, se presentan los siguientes conclusiones:

- Hoy en día, las demandas de eficiencia energética desde el punto de vista de coste-efectividad que establecen la mayoría de los estados para las nuevos edificios para viviendas están muy lejos del nivel óptimo (aún más para los edificios que ya existen) y no ponen a Europa en camino al logro de objetivos climáticos a plazo largo.
- Para los precios de 2012 (70\$ o más por

cada barrica) los niveles de aislamiento que son coste-inmejorables para las casas nuevas o rehabilitadas coinciden con los niveles necesarios para conseguir una reducción de un 85% de los vertidos de gas del efecto invernadero para el 2050 fijadas en el estudio. Este hallazgo comprueba que los objetivos climáticos y el objetivo de fortalecer la competitividad económica van juntos.

- En cuanto a la instauración de del valor mínimo U se refiere, no tendría que haber diferencias entre los casos de edificios nuevos y edificios rehabilitados
- En el Sur de Europa el aislamiento térmico puede disminuir considerablemente la necesidad de refrigeración de los edificios. En este sentido, según ECOFYS, el aislamiento térmico tiene el poder de equiparar el comportamiento térmico de un edificio que no tiene inercia térmica con uno que sí lo tiene. Esta característica se subraya de modo más significativo en las cubiertas.

En los siguientes mapas se muestra el nivel de aislamiento de las cubiertas, el color azul significa un nivel alto de aislamiento mientras que el rojo significa un nivel bajo. En el mapa de la izquierda se muestran los valores U que hoy en día se exigen en las normativas que están en vigor. En el mapa de la derecha en cambio se muestran los valores U coste-inmejorables concluidos en el trabajo de investigación de Ecofys VII, para la situación en que el precio del combustible se encuentra en la cima.

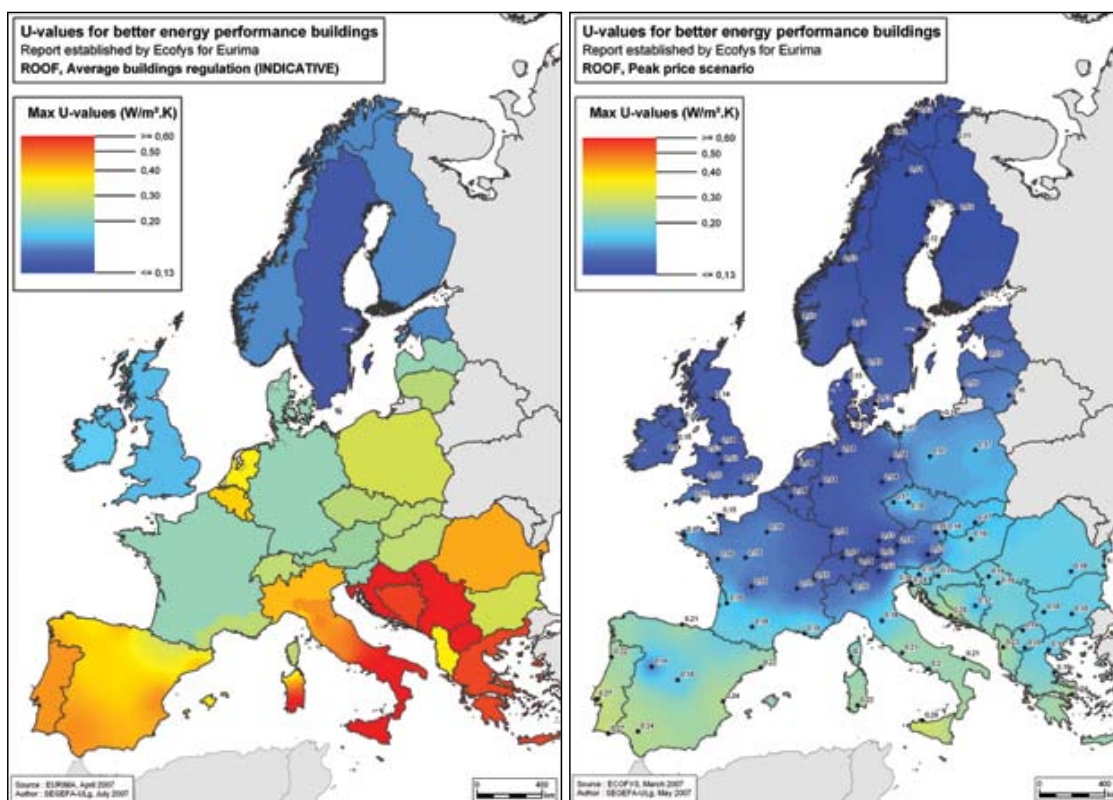


Fig. 333. Comparison of 2012 regulations' U-Values and recommended U-Values in Europe (Eurima 2007b, p.7)

A la izquierda los niveles de aislamiento de las normativas estatales 2012 y a la derecha la exigencia según el coste-efectividad.

La siguiente imagen muestra el trabajo equivalente para las paredes, comparando los valores que están en vigor para la misma situación (rojo) y los valores recomendados (azul), clasificando de izquierda a derecha, del más caliente al más frío

según el grado día del calentamiento (heating degree days). Como se puede ver, se recomiendan para toda Europa valores U menores de 0.40 kW/m²K, llegando hasta 0.15 kW/m²K para los climas más duros (valor habitual para conseguir el passive house estándar).

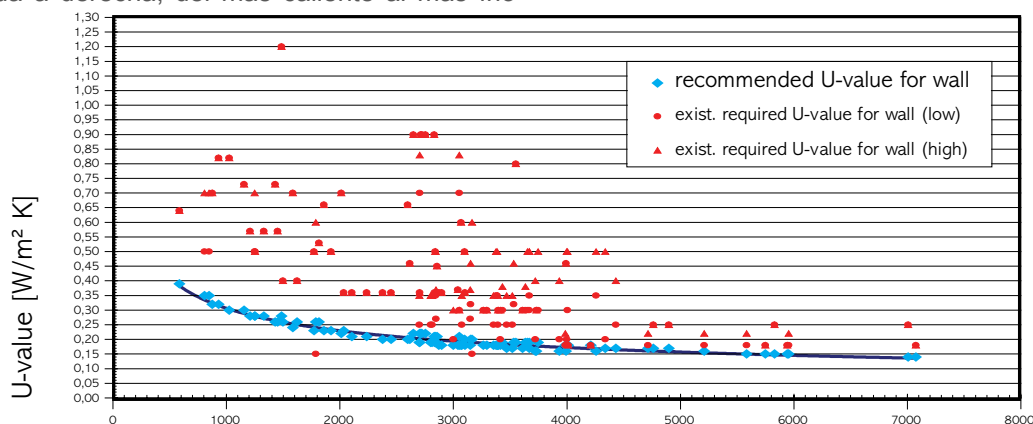


Fig. 334. Graph with 2012 regulations' U-Values and the recommended values for walls (Eurima 2007b, p.8)

- **La comparación del valor U entre las capitales europeas.** En la siguiente gráfica se comparan los valores U mínimos que se establecen en las normativas de 25 capitales Europeas con los valores U coste-inmejorable que le correspondería a cada capital (para el

suelo, la cubierta y las paredes). Como la anterior gráfica, este también deja al descubierto que en la mayoría de los casos los valores de las demandas oficiales quedan muy lejos de los costes-inmejorables.

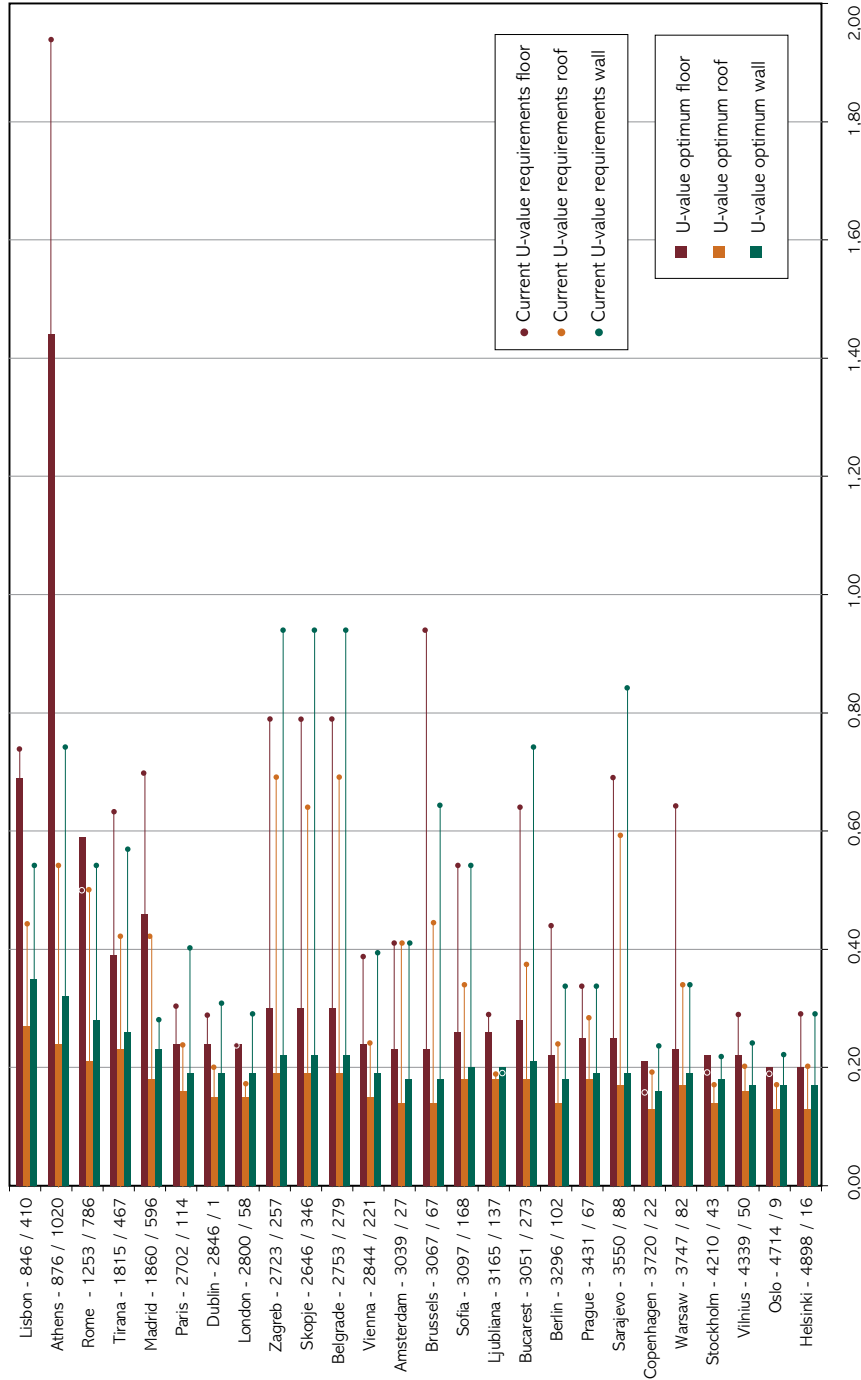


Fig. 335. Comparison of 2012 regulations' U-Values and recommended values in European countries (Eurima 2007b, p.11)

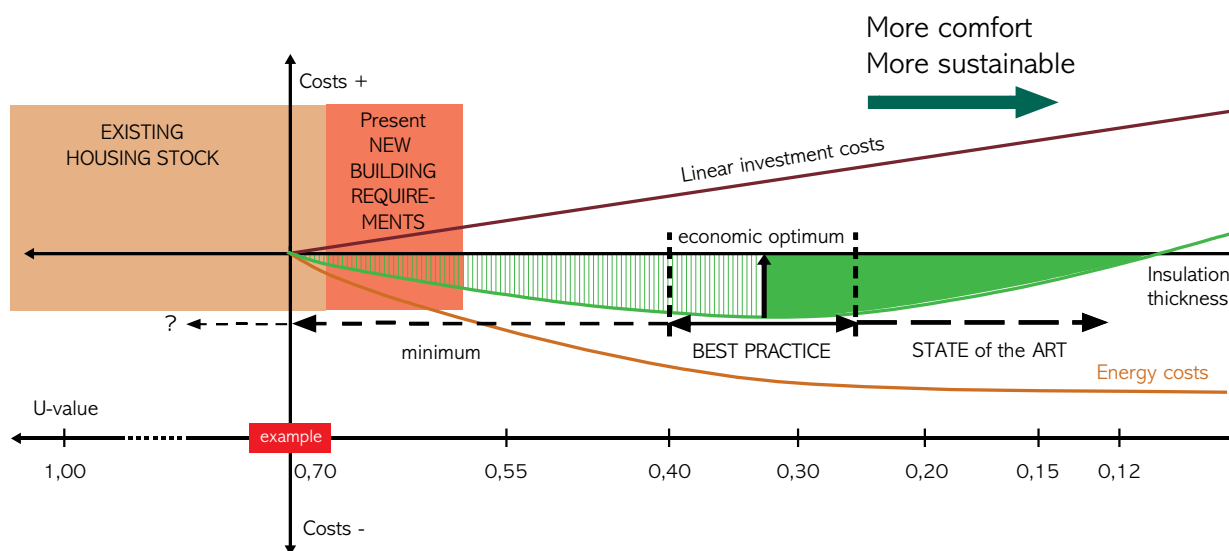


Fig. 336. Economic optimum U-values for retrofit (Eurima 2007b, p.13)

En esta gráfica se presenta la curva de costes-ganancias de las demandas para el aislamiento térmico (los costes negativos corresponden a los ahorros), creado entre la resta de los gastos de inversión (línea roja) y del ahorro de los costes de energía (línea naranja). La Zona de Mejores Prácticas es el campo donde los ahorros se encuentran en su mejor cantidad. Los valores U que aparecen tanto a la izquierda como a la derecha de la Zona de Mejores Prácticas tienen como consecuencia que los propietarios ganarán menos dinero durante el tiempo de vida de la inversión. Como aparece en la gráfica, la mayoría de las demandas térmicas para los nuevos

edificios del Europa de hoy en día se sitúan a la izquierda de esta zona, y más a la izquierda todavía de los stocks de los edificios que ya existen, siendo los costes unidos al consumo de energía proveniente de esta situación mucho más altos que en el mejor de los casos.

Entre los resultados presentados en el trabajo de investigación, tomando como referencia la ciudad que más se acerca al clima de la costa de Euskal Herria, los valores U coste-inmejorables calculados para dos situaciones diferentes de los precios de energía serían los siguientes.

Valor U Coste-efectivo	WEO situación referencia (World Energy Outlook 2006, International Energy Agency, 46\$ barrikako)			Precios de situación máximo (70 \$ por barrica)		
Ciudad	Pared	Cubierta	Suelo	Suelo	Cubierta	Suelo

Fig. 337. Cost optimal U-values for the climate of Santander based on WEO Agency and maximum prices (Eurima 2007a, p.45-47)

- **En busca del nivel de aislamiento coste-efectividad del vidrio.** Según los trabajos de investigación recientes (TNO 2011) el 44% del stock de los edificios de Europa todavía tienen vidrios simples, y solamente en un 15% se pueden encontrar vidrios que tengan características de aislamiento fortalecidos, pese a que en el mercado estén desde hace 20 años. En este sentido, es muy común entre muchos usuarios y constructores tener una percepción confusa sobre el poder de aislamiento simple del doble vidrio que apareció a partir de la década de los 70, haciendo que todavía su uso esté muy extendido, a pesar de que en cuanto al comportamiento energético se refiere estén totalmente desfasados comparando con los aislamientos de vidrio que hay en el mercado hoy en día.

En la siguiente gráfica se muestran los niveles medios de aislamiento de los vidrios que se pueden encontrar hoy en día en el mercado:

En la siguiente gráfica se muestran los niveles medios de aislamiento de los vidrios que se pueden encontrar hoy en día en el mercado:



Fig. 338. Glazing U-values (TNO 211)

Como se puede ver, un vidrio de hoy en día que tiene un revestimiento de emisión baja tiene un poder de aislamiento 5 veces más alto que un vidrio simple, y 2.5 veces más alto que el doble vidrio simple. El vidrio triple de emisiones bajas en cambio, multiplica por 8 la capacidad de aislamiento del vidrio simple, y casi 4

veces el del doble vidrio simple.

En general, pese a que en los edificios de energía casi cero la utilidad del vidrio triple se haya convertido en estándar, y también teniendo en cuenta que en muchos pueblos de Europa su utilidad se ha extendido mucho, la escasa presencia que tiene hoy en día a nivel Español en el mercado hace que todavía se mantengan los precios altos, comparando con las otras opciones que están accesibles.

Por otro lado, los vidrios dobles que tienen características aislantes avanzadas están bastante interiorizado en el mercado Español, y se ha demostrado en varios casos que la utilidad de estos puede ser coste-efectivo para el clima cálido (de manera que a medida que se vaya más al sur las características para el control sobre los rayos solares ganan más importancia), incluso también en algunos edificios pasivos.

Por lo tanto, con las soluciones que hay en el mercado se concluye que alcanzar valores de transmitancia sobre 1.2 W/m²K es posible, siendo posible construir en un estándar de casi energía cero diseñando de un modo adecuado las ventanas que tienen estos valores.

En este sentido, si las dimensiones de las aperturas de vidrio se diseñan desde el punto de vista de eficiencia energética en las orientaciones que le corresponden. Con estos valores se puede conseguir maximizar las ganancias pasivas y minimizar las pérdidas de calor indirecto de las superficies vidriosas, posibilitando equilibrar el balance entre los dos flujos, siempre sin menospreciar la importancia de posibilitar la iluminación natural suficiente.

- **La cuantificación económica de las medidas de mejora de la eficiencia energética.** A la hora de plantear las medidas de rehabilitación energética, el importe de la inversión que se requiere tiene gran importancia para analizar la viabilidad de los actos. Así, un porcentaje de las medidas que se planifican pueden quedar sin llevarse a cabo, aun siendo coste-efectivos, por no tener vías para hacer frente a la inversión del momento, impidiendo conseguir los objetivos de ahorro previstos.

En este sentido, se han llevado a cabo varios trabajos de investigación a nivel Europeo, analizando los gastos y las ventajas que supondría aplicar medidas calculadas con el principio coste-efectividad, queriendo conseguir algunas cantidades de referencia.

En el trabajo de investigación “*Renovation Tracks for Europe Up to 2050*” realizado por ECOFYS para EURIMA (Eurima 2007), se realiza una comparación de los diferentes niveles de rehabilitación para distintas zonas de Europa clasificadas según el clima y la economía, comparando el impacto que tienen en la economía y el medio ambiente, con la finalidad de investigar la viabilidad de la reducción del 80% del uso de la energía fijada en 2050.

En este trabajo, teniendo como objetivo el 2050, se definen tres trayectorias generales, considerando por variables a la rapidez para realizar las rehabilitaciones, el nivel de profundidad de estos y el nivel de utilidad de las energías renovables.

- **DIRECTRIZ I:** una tasa de 3% en rehabilitación, la rehabilitación del nivel de demanda de las normativas de hoy en día,

la reducción para el 2050 de un 32% del uso de la energía para el calentamiento espacial comparando con los valores de 2010, teniendo en cuenta los errores del mercado (no considerar en su totalidad el envolvente térmico), la pequeña contribución de las energías renovables.

- **DIRECTRIZ II:** una tasa de 2.3% en rehabilitación, la rehabilitación del nivel de demanda de las normativas de hoy en día, la reducción para el 2050 de un 58% del uso de la energía para el calentamiento espacial comparando con los valores de 2010, teniendo en cuenta los errores del mercado (preocupación limitada en cuanto a la eficiencia del envolvente térmico), el uso de los sistemas avanzados de energía, con gran contribución de los renovables y con los ventiladores recuperadores de calor.

- **DIRECTRIZ III:** una tasa de 2.3% en rehabilitación, la reducción para el 2050 de un 80% del uso de la energía para el calentamiento espacial comparando con los valores de 2010, gran preocupación en cuanto al nivel de eficiencia del envolvente térmico, el uso de los sistemas avanzados de energía, con gran contribución de los renovables y con los ventiladores recuperadores de calor.

Hay que mencionar que las tres directrices se limitan a las tasas de rehabilitación común de los edificios (cada 30-40 años), permitiendo así coger solo los costes de las medidas para mejorar de la eficiencia energética calculada, excluyendo los costes habituales de una rehabilitación corriente. Estas tasas suponen rehabilitar para 2050 todo el parque de edificios de Europa²⁷.

significativos de los cálculos tomados para los pueblos del sur de Europa.

Nothern, Western and Southern Zone

	GAS	OIL	PELLETS	BIOMASS	COAL
unit	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
2010	0.202	0.266	0.000	0.000	0.549
2050	0.202	0.266	0.000	0.000	0.549

	ELECTRICITY	DH	ELECTRICITY	DH	ELECTRICITY	DH
	e-factor 5%	e-factor 5%	e-factor 10%	e-factor 10%	e-factor 25%	e-factor 25%

Southern

	GAS	OIL	ELECTRICITY	PELLETS	HEAT PUMP	B DISTRICT HEAT	BIOMASS	COAL
unit	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
2010	0.058	0.053	0.181	0.048	0.128	0.072	0.048	0.000

Fig. 339. CO2 emissions values (Eurima 2007, p.22)

En las tablas que se muestran a continuación se resumen los valores más

significativos de los cálculos tomados para los pueblos del sur de Europa:

(Eurima 2007)

	Unit	Southern							
		SFH				MFH			
		Retrofit situation		New building situation		Retrofit situation		New building situation	
		excl. Solar	incl. Solar	excl. Solar	incl. Solar	excl. Solar	incl. Solar	excl. Solar	incl. Solar
heating system									
Gas (condensing boiler)	€/m ² floor area	42	73	46	119	17	36	16	21
oil (condensing boiler)	€/m ² floor area	65	96			24	44		
pellets	€/m ² floor area	97	128	91	146	34	53	30	35
heat pump (air/water, in)	€/m ² floor area	107	138	122	153	59	79	39	44
heat pump (brine/water)	€/m ² floor area	131	162	140	171	59	79	39	44
district heat	€/m ² floor area	39		78		20		11	
Ventilation									
w/ heat recovery	€/m ² floor area	49		42		42		35	
Heat distribution	€/m ² floor area	28		3		20		2	

MFH: edificios de varias viviendas (707 m²)

		energy related fixed costs			
		facade (cavity)	facade (thermal comp. System)	roof	cellar
Northern Europe	€/m ² component	23,0	47,6	22,4	
Western Europe	€/m ² component	16,9	35,1	16,5	
North-eastern Europe	€/m ² component	14,0	17,5	15,1	
South-eastern Europe	€/m ² component	13,1	16,3	14,1	
Southern Europe	€/m ² component	15,0	18,8	16,3	

		costs additional cm			
		facade (cavity)	facade (thermal comp. System)	roof	cellar
Northern Europe	€/m ² component/ cm	1,2	1,9	1,3	
Western Europe	€/m ² component/ cm	0,9	1,4	1,0	
North-eastern Europe	€/m ² component/ cm	0,9	1,2	1,1	

Fig. 340. Investment cost for insulation €/m² (Eurima 2007)

Por último, se presentan los resultados sacados del trabajo de investigación, donde se explican los costes de inversión de diferentes niveles de rehabilitación y las reducciones de las emisiones de CO² derivados y de los costes de energía.

donde se explican los costes de inversión de diferentes niveles de rehabilitación y las reducciones de las emisiones de CO² derivados y de los costes de en

Zone	Building	Floor Area	Scenario	Final Energy Demand Heating & Hot Water	Investitionen Insulation	Heating & Ventilation Systems	Annuities Insulation	He Sy
				kWh/(m²a)	€/m²	€/m²	€/m²a)	
Southern Europe	SFH	125	Not renovated	181	-	-	-	-
			Shallow Renovation	155	148	62	7	-
			Target Scenario - Deep Renovation	10	192	156	10	-
			Target Scenario - Shallow Renovation + REN	64	148	126	7	-
			Shallow Renovation	69	70	11	4	1
			Target Scenario - Deep Renovation	12	91	59	5	4
			Target Scenario - Shallow Renovation + REN	28	70	64	4	5

Fig. 341. Somes cases' final energy demand's, required investment's, insulation's and ventilation system's

En la siguiente tabla, presentado en el informe “Bultzatu 2025 Ibilbide Horria” (Gobierno Vasco 2012), se analiza la tipología de la rehabilitación y el impacto económico de los diferentes niveles, la reducción del consumo de energía, comparando la inversión adherida y el beneficio indirecto que suponen los empleos creados.

Fuente	Reducción Consumo de Energía	Inversión asociada	Empleo generado
WWF (Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO2 del parque residencial existente en España en 2020, 2010)	<ul style="list-style-type: none"> Rehabilitación integral: 85% Intervención en aislamiento: 57-72% Intervención en sistema de calefacción: 23% 	<ul style="list-style-type: none"> Rehabilitación integral: 184 €/m2 (15.600 €/vivienda) Intervención en aislamiento: 56-77 €/m2 Intervención calefacción: 2.044 €/vivienda 	
BPIE (Europe's buildings under the microscope, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> Rehabilitación menor: 0-30% Rehabilitación moderada: 30-60% Rehabilitación profunda: 60-90% Consumo casi cero: +90% 	<ul style="list-style-type: none"> Rehabilitación menor: 60 €/m2 (5.100 €/vivienda) Rehabilitación moderada: 140 €/m2 (11.900 €/vivienda) Rehabilitación profunda: 330 €/m2 (28.050 €/vivienda) Consumo casi cero: 580 €/m2 (49.300 €/vivienda) 	
ARGE (Modernisierung oder Bestandsersatz, 2011)	Entre 20% y 90%, según el estado inicial de las viviendas	100-800 €/m2	
Fundación CONAMA (Una Visión-País para el sector de la edificación en España, 2011)	Reducción por tipo de consumo: <ul style="list-style-type: none"> Calefacción: 80% Electrodomésticos: 80% 	<ul style="list-style-type: none"> Aislamiento cubierta: 4.080 €/vivienda Aislamiento fachada: 6.800 €/vivienda Aislamiento suelos: 78 €/vivienda Renovación caldera calefacción: 2.044 €/vivienda Instalación solar térmica: 1.300-1.700 €/vivienda 	18 empleos por cada millón € invertido
Universidad Complutense de Madrid (Cambio Global España 2020/50, 2010)		500 €/m2 (46.000 €/vivienda)	25 empleos directos y 38 indirectos por millón € invertido
Institut Cerdá (Proyecto BREV, Beneficios de la rehabilitación de viviendas en la generación de actividad económica, creación de empleo y el ahorro de energía en el País Vasco, 2010)	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de pérdidas de energía: 70% Mejora eficiencia en calderas: 10% 	Obras de comunidad <ul style="list-style-type: none"> Rehabilitación fachadas: 4.599 €/vivienda Sustitución carpinterías exteriores: 4.318 €/viv Cubiertas: 3.044 €/viv Ascensores y accesos: 5.978- 8.999 €/viv Aislamiento térmico y acústico: 2.537 €/viv Instalaciones de calefacción: 4.543 €/viv Reforma accesos: 2.107 €/viv Arreglos portal y escaleras: 2.803 €/viv Obras particulares <ul style="list-style-type: none"> Instalaciones de calefacción: 2.920 €/viv Instalación eléctrica: 3.750 €/viv Aislamiento térmico y acústico: 2.537 €/viv Reformas interiores de accesibilidad: 4.290 €/viv 	8 empleos directos y 14 indirectos e inducidos por millón € invertido

13.1.4.2. Punto de vista del ahorro energético

Como ya se ha explicado, a pesar de que la rentabilidad económica esté directamente vinculada al ahorro de energía proveniente de las medidas de eficiencia, el objetivo principal de la Unión Europea al fin y al cabo, es el ahorro energético. Entendiendo el beneficio económico como una condición imprescindible para realizar actividades

que conllevarán a ese ahorro. Así, los planes y las estrategias que se lleven a cabo estarán orientados al logro de una reducción fija de los vertidos.

En la tabla que se muestra a continuación se mide la eficiencia de las viviendas en toneladas de petróleo equivalentes, presentando de modo significativo el impacto del nivel térmico de las nuevas viviendas y de las rehabilitadas.

Consumo de energía por tipo de vivienda		Tep/vivienda año	Tep/m2 año
Vivienda tipo inicial		0,70	0,0080
Construcción nueva	CTE actual	0,63	0,0072
	CTE +	0,24	0,0028
	EPBD (consumo energía casi nulo)	0,14	0,0016
Rehabilitación menor	Elementos privativos	0,66	0,0076
	Elementos comunes	0,66	0,0076
Rehabilitación integral	Integral nivel D (CTE+)	0,38	0,0044
	Integral nivel C (REVIVE)	0,24	0,0028
	Integral nivel A (EPBD)	0,14	0,0016

Fig. 343. Energy consumption based on the type of housing (Gobierno Vasco 2012, p.66)

13.1.4.3. La tendencia del futuro cercano a nivel europeo. Edificios de energía cero

Sabiendo que todos los edificios nuevos deben ser de bajo consumo en el nuevo contexto que presenta para un futuro próximo la Directiva Europea 2002/91/CE, en varios Estados Miembro, las normativas canalizadas en esta dirección están avanzando.

4.4.3.1. Los estándares y los sellos de los edificios de energía cero

Además del ámbito regulador, en el mercado de construcción de la Unión Europea cada día son más los edificios estándares que ofrecen consumo de energía nulo, casi nulo o un equilibrio de energía positivo, los que tienen criterios y escalas propios de certificación. Estos estándares, mientras que sean en algún caso oficiales y obligatorios de por ley, otras veces van más allá de lo que exige la normativa y se aplican también fuera del país de origen. En este sentido, estos estándares tienen una importancia fundamental a la hora de impulsar el desarrollo del sector de la construcción, cumpliendo un papel pionero.

Además, en algunos casos, a la hora de definir las peticiones de las nuevas normativas, se toman como referencia algunos estándares existentes, valiéndose del nivel de implantación y del comportamiento comprobado de estos.

• ENERPHIT. El sello Passivhaus para las rehabilitaciones (Passivhaus Institut 2013)

El estándar Passivhaus se crea en la década de los cuarenta. Este estándar de origen alemán, hoy en día está totalmente implantado en el mercado, no solo a nivel Europeo sino también en todo el mundo. Pese a que originariamente estaba dirigido a edificios situados en climas fríos de Europa central, canalizó hace tiempo el proceso de desarrollo de adaptarse a cualquier clima del mundo, examinando el comportamiento que tendría en algunos climas extremos del mundo, e incluso tomando medidas para adecuarse a características distintivas de diferentes países de Europa.

Como bien dice el nombre, su fundamento se basa en conseguir que la energía necesaria para mantener en condiciones óptimas el espacio solamente con las ganancias pasivas, proviniendo estos del sol o de ganancias internas. Para posibilitar esto, son

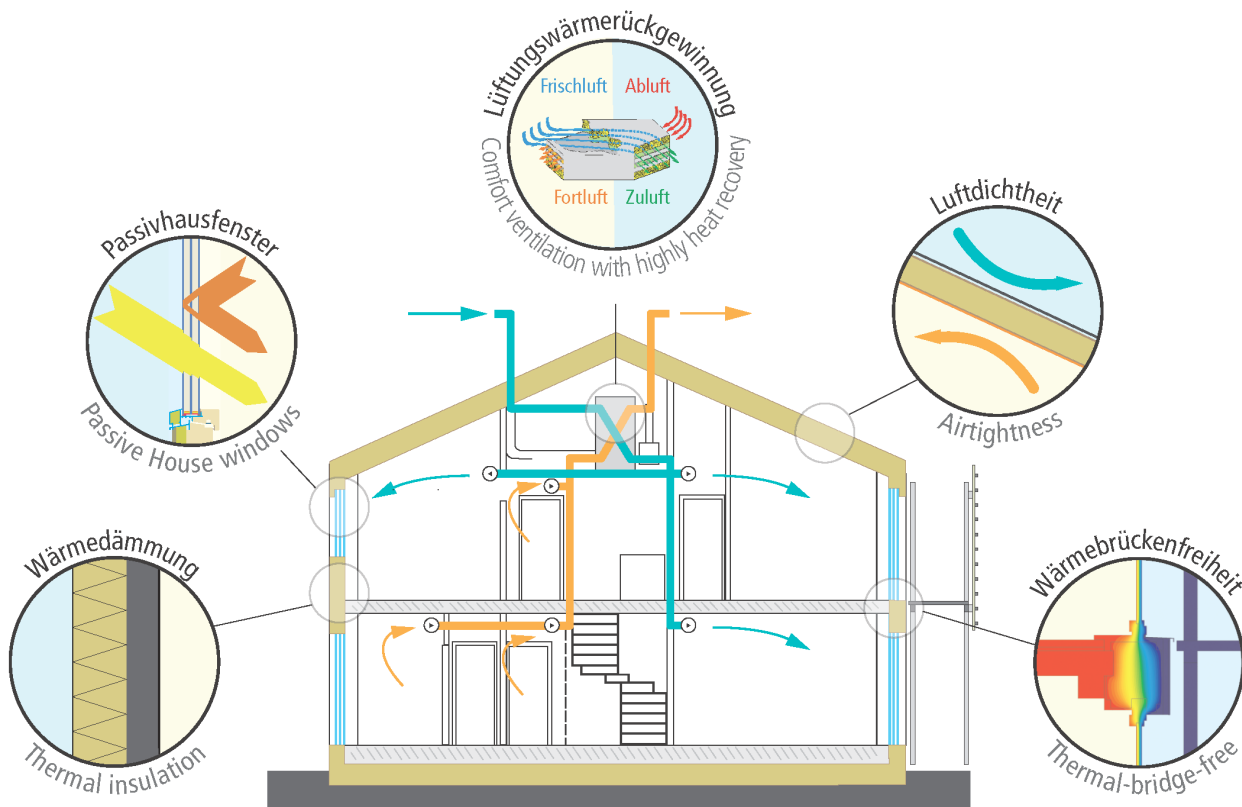


Fig. 344. Passivhaus concept (Passivhaus Institut 2015)

muy necesarios tener un nivel de aislamiento alto, envolventes muy impermeables, una renovación mecánica de aire con un recuperador de calor de alta eficacia y utilizar estrategias de diseño bioclimático para optimizar ganancias.

Este sello de certificación se crea con la finalidad de extender este estándar a la rehabilitación, aplicando mismos principios y medidas dirigidos a los nuevos edificios, pudiendo conseguirse un ahorro de energía entre 75% y 90%. Las certificaciones pueden ser de dos tipos, al igual que el procedimiento de España: basándose en una demanda máxima de calefacción (sección 1.1) o basándose en demandas mínimas para cada elemento de construcción (sección 1.2). Sin embargo, el cumplimiento de las demandas mínimas para cada elemento de construcción es obligatorio en los dos procedimientos.

- **PROCEDIMIENTO I:** Certificación basada en la demanda de calefacción máxima

La demanda de calefacción: $Q_H \leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
(Calculado mediante la herramienta informática PHPP)

- **PROCEDIMIENTO II:** Certificación basada en las demandas para cada elemento de construcción (como alternativa del procedimiento I)

En general, a los edificios que se rehabilitan se les pide la misma exigencia en las demandas como a los edificios de nueva construcción. A continuación se resumen las excepciones aceptadas y las adecuaciones aplicadas para garantizar la viabilidad:

- **Los valores de transmitancia de las envolventes opacas exteriores:** cuando se aísla por fuera $f_t \cdot U \leq 0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, y cuando se aísla por dentro $f_t \cdot U \leq 0.35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, siendo 1 el valor del factor de temperatura f_t cuando está en contacto

con el aire y cuando una coeficiente de reducción de la tabla está enterrada. Aislar por dentro solo se recomienda en los casos en los que sea imposible aislar por fuera, esté prohibido por ley o cuando sea inviable económicamente.

- **Las ventanas,** considerándolas en su totalidad, $U_W \leq 0.85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Los valores de g y U_g : $g \cdot 1.6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \geq U_g$

- **Las puertas:** $f_t \cdot U_D \leq 0.80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

- **La supresión o reducción de los puentes térmicos** se realizará a medida que sea viable económica y técnicamente, aceptando que muchas veces es imposible en las rehabilitaciones. Aun así, las medidas a tomar para evitar los problemas de humedad serán obligatorias en todos los casos.

De momento solo se están certificando mediante este procedimiento las rehabilitaciones de los edificios de climas fríos de Europa central.

- **La demanda de energía primaria:** $Q_P \leq 120 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a} + ((Q_H - 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})) \cdot 1.2)$

- **La permeabilidad del aire:** aunque se acepte el valor máximo $n_{50} \leq 1.0 \text{ h}^{-1}$, el valor objetivo sigue siendo $n_{50} \leq 0.6 \text{ h}^{-1}$

En caso de que el logro de estos valores mínimos sea imposible se permiten algunos valores mínimos, siempre y cuando se mantengan las condiciones de confort y salubridad.

- **El valor de transmitancia de las envolventes opacas exteriores:** $f_t \cdot U \leq 0.85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, siendo 1 el valor del factor de temperatura f_t cuando está en contacto con el aire y cuando una coeficiente de reducción de la tabla está enterrada.

· **La cubierta y bajo cubierta:** $U \leq 0.35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

· La temperatura de la superficie interior del suelo en requisitos de diseño será de 17° .

· **Las ventanas y las puertas, $UW/D \leq 0.85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.** Superar este valor es posible si cuando hay sospecha de que vaya a haber temperaturas superficiales bajas en la zona interior se equilibra con los calentamientos superficiales.

• **ACTIVE HOUSE (The Active House Alliance 2015)**

La perspectiva de Active House va más allá del edificio pasivo, fijando objetivos muy ambiciosos para el futuro, y planteando la creación de los edificios desde un punto de vista unificado. Se puede aplicar en edificios de nueva construcción o en rehabilitaciones, así como para el uso de viviendas, oficinas o para edificios públicos.

Las características que se deben cumplir para conseguir la certificación se basan en tres ejes:

· **CLIMA INTERIOR.** Crea condiciones de vida más saludables y confortables para los inquilinos.

· **ENERGÍA.** Consigue un resultado positivo del balance de la energía del edificio.

· **MEDIO AMBIENTE.** Tiene un impacto positivo en el medio ambiente

En cada eje se valoran diferentes parámetros en una escala con un intervalo de 1 al 4, creándose la mejor solución desde el equilibrio de todos, partiendo de implantar prioridades entre distintos principios. La siguiente gráfica-radar refleja la relación entre estos parámetros:

Como se puede ver en la gráfica anterior, a la comodidad se le da tanta importancia como al consumo de energía, valorando la comodidad según la iluminación natural, el ambiente térmico interior y la calidad del aire interior, también cuantificando conceptos como los principios que permiten una construcción sostenible, el análisis del ciclo de vida del edificio y el ahorro en el consumo.

En cuanto al consumo de energía se refiere, se muestran en la siguiente tabla las condiciones mínimas para la certificación, diferenciando la demanda, la provisión y el consumo de energía primaria:

· **2 ENERGÍA**

2.1 La demanda energética (Fig. 317)

PARAMETER	VALUE	CRITERIA	SCORE
2.1 Annual energy demand		1. $\leq 40 \text{ kWh/m}^2$ 2. $\leq 60 \text{ kWh/m}^2$ 3. $\leq 80 \text{ kWh/m}^2$ 4. $\leq 120 \text{ kWh/m}^2$	

Fig. 345. Energy Demand of Active House (The Active House Alliance 2015)

2.2 La provisión de energía

ejemplo los ventiladores y las bombas). Basándose en una clasificación según la zona climática y la

PARAMETER	VALUE	CRITERIA	SCORE
2.2 Origin of energy supply		<ol style="list-style-type: none"> 1. 100% or more of the energy used in the building is produced on the plot or in a nearby system 2. $\geq 75\%$ of the energy used in the building is produced on the plot or in a nearby system 3. $\geq 50\%$ of the energy used in the building is produced on the plot or in a nearby system 4. $\geq 25\%$ of the energy used in the building is produced on the plot or in a nearby system 	

Fig. 346. Energy provision in Active House (The Active House Alliance 2015)

2.3 El consumo de la energía primaria

altitud, las demandas se fijan entre un 40 kWhpe/

PARAMETER	VALUE	CRITERIA	SCORE
2.3 Annual primary energy performance		<ol style="list-style-type: none"> 1. < 0 kWh/m² for the building 2. 0-15 kWh/m² for the building 3. 15-30 kWh/m² for the building 4. ≥ 30 kWh/m² for the building 	

Fig. 347. Primary energy consumption in Active House (The Active House Alliance 2015)

• BBC-effinergie® and RT 2012 (Francia)

En Francia, el objetivo principal de la estrategia nacional para la protección del clima (definido en la ley de Julio de 2005), es reducir en un factor 4 los vertidos gaseosos del efecto invernadero. En el proceso de debate conocido como “Grenelle Environnement” se aplicaron condiciones mínimas de eficiencia energética del sector de la construcción, decidiéndose limitar el uso de la energía primaria a un valor medio de 50 kWh/m². Este valor incluye la adecuación térmica del espacio, la producción de agua caliente, la iluminación y los complementos de energía (por

m² para el sur de Francia y un 65 kWhpe/m²a para el norte de Francia. Este valor también ha servido para definir el estándar de baja energía de Francia, determinado por los certificados ‘BBC’ (Bâtiment Basse Consommation), BBC-effinergie®.

Entre las condiciones que se exigen por ley es de mencionar la importancia que se le da a la permeabilidad del aire, limitando la renovación de aire en un 0.6 m³/hm² en las viviendas individuales y en un 1 m³/hm²-tan en las residencias colectivas, midiéndolo en 4 Pa-s.

Este sello también se les puede aplicar a los edificios residenciales rehabilitados, aplicando en

este caso el valor mínimo medio 80 kWhpe/m²a, que es variable según la zona y la altitud, junto con varias condiciones más.

- **MINERGIE® (Suiza) (Huber 2015)**

MINERGIE® es una etiqueta de calidad de la construcción soportable y de la energía baja, que está protegido por la Confederación suiza, por los Cantones de Suiza y por la industria del sector. Se basa en conseguir las mejores condiciones de confort para los usuarios, y se puede aplicar tanto en edificios nuevos como en los rehabilitados. Como en todas las otras etiquetas presentadas antes, se basa en una superficie del nivel alto de aislamiento y en una renovación de aire continuo y controlado, y el valor principal que da el certificado es el último consumo de la energía primaria, medido con diferentes factores de nivel nacional de diferentes clases de energía.

Este certificado surgió en 1998 como construcción estándar ejemplarizante, proponiendo mejores condiciones de comodidad que los que exigían las normativas. Su rápida expansión llevó a actualizar las demandas de la normativa al cabo de unos pocos años, causando reducciones de un %50 en el uso de energía en las demandas para los edificios nuevos. Hoy en día en algunos casos el estándar MINERGIE® es obligatorio por ley para los edificios públicos, y ya se han desarrollado energías estándares de mayor exigencia como MINERGIE®P y MINERGIE®A. El primero reúne las condiciones del edificio pasivo, y el segundo define los edificios de cero energía neta para la calefacción, es decir, la necesidad de crear la totalidad de la energía para la calefacción por medio de las energías renovables. Además del consumo de energía mínimo, cuando el edificio introduce también los materiales ecológicos, combinando con el estándar eco-bau®, se pueden lograr los sellos MINERGIE-ECO®, MINERGIE-P-ECO® y el MINERGIE-ECO®.

Aparte de las demandas generales como la limitación de los sistemas de ventilación y los costes suplementarios, se define un nivel exacto de la eficiencia energética, la calefacción, el agua caliente, la ventilación y el aire acondicionado, fijando la demanda de energía en 38 kWh/m²a para el uso de viviendas (60 kWh/m²a para las viviendas rehabilitadas), proponiendo valores más flexibles para los usos restantes.

Existen otros estándares como Efficiency House Plus (Alemania).

13.1.5. ESTRATEGIAS Y PLANES PARA IMPULSAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS

Las normativa, directivas y derechos examinados antes, provienen del marco general que crean las estrategias de energía de nivel Europeo, reflejándose las estrategias a nivel de Estado Miembro y a nivel de la regional. En los tres niveles territoriales mencionados a continuación, se reúnen las estrategias, los planes de acción y los programas derivados de estos que hoy en día están en vigor, limitándose siempre a los que al sector de la construcción corresponde.

13.1.5.1. Estrategias a nivel europeo

- **ENERGY 2020. La estrategia para una energía competitiva, soportable y segura (European Commission 2010, Comisión Europea 2014)**

En noviembre de 2010 la Comisión Europea presenta el comunicado "Energy 2020", proponiendo las medidas necesarias para posibilitar el cumplimiento de los objetivos 20-20-20 que se publican en 2007. De hecho, según lo que se expresa en el comunicado, mientras que al aumentar el uso de las energías renovables se acercaba a los objetivos, siguiendo con el mismo ritmo de reducción del consumo de energía y del

CO2 derivado solo se conseguiría la mitad de los objetivos previstos para 2020.

Se subraya que los sectores del transporte y el de la rehabilitación de los edificios son los que tienen mayor potencial para conseguir las mayores reducciones, y se establece para cada Estado Miembro una reducción de emisión exacta a cumplir para el año 2020. En el caso de España se limita a un 10% de los valores de 2005.

En cuanto al sector de la construcción, la prioridad se les da a acelerar el ritmo de la rehabilitación, a abrir vías de financiación y a las certificaciones de los edificios, haciendo un llamamiento al papel ejemplarizante que debe tener el sector público.

- **El plan de actuación de 2011 sobre la eficiencia energética (European Commission 2011)**

El Plan de Eficiencia Energética publicado en marzo de 2011 por la Comisión Europea tiene como objetivo concretar las actuaciones y demandas concretas en el camino marcado en el comunicado de Energy 2020. En cuanto al sector de la construcción, aflora la necesidad de acelerar el ritmo de rehabilitación, para eso, entre otras medidas, proponiendo los siguientes:

- Para promover el carácter ejemplarizante del sector público, a los Estados Miembro se les obliga todos los años a renovar el 3% de la superficie de los edificios de propiedad pública, exigiendo a estas rehabilitaciones estar entre los 10% más eficientes del parque edificado del estado.
- Promover los contratos de eficiencia por medio de las empresas de servicios de energía, como instrumento de gran potencial para hacer frente a la inversión que suponen las rehabilitaciones energéticas.

- Buscar soluciones a las dificultades jurídicas que obstaculizan la rehabilitación de los edificios que están en alquiler.

- Promover la expansión de la técnica y el estándar que posibilitan reducir hasta un 50-75% el consumo de energía de los edificios del sector privado, borrando las dificultades que aparecen en las normativas.

- Actualización para posibilitar la adaptación de la formación de los diferentes actores del sector a las nuevas necesidades.

- **La hoja de ruta Europea 2050 (European Commission 2012)**

Según lo acordado en 2009 por la Comisión Europea, Europa tiene como objetivo para 2050 reducir entre 80-95% los vertidos de CO2. La hoja de ruta Europea para el 2050 presentado en diciembre de 2011, se plantea como marco general para este proceso de descarbonización, poniendo sobre la mesa los desafíos que van apareciendo y las decisiones a tomar. Como bien se sabía que siguiendo las mismas medidas tomadas hasta entonces en la estrategia de Energía 2020 solo se conseguirían la mitad de los objetivos fijados para 2020, en este caso también siguiendo los objetivos fijados para 2020, se prevé que en 2050 solo podrían llegar a la mitad de esa reducción del 80-95%. Siendo esto así, esta hoja de ruta de largo plazo tiene la finalidad de dibujar de la estrategia a partir de 2020, más que medidas exactas, presentando las diferentes vías para conseguir los objetivos y presentando hipótesis de situación.

Entre estas hipótesis, se prevé la necesidad de reducir en un 41% la demanda energética dentro de la eficiencia energética de los edificios para el año 2050, en comparación con los valores óptimos que se dieron en los años 2005-2006.

- **El pacto de los alcaldes (EUMayors)**

El Pacto de los alcaldes es un compromiso voluntario que algunos municipios de Europa han realizado para ir más allá que los objetivos de la política de energía de la Unión Europea, sobre todo de cara a que la emisión de CO₂ se reduzca, promoviendo mayor eficiencia de energía y consiguiendo una producción de energías renovables y su uso más asiduo.

Para conseguir esos objetivos, los ayuntamientos han diseñado un Plan de Acto de Energía Duradera, y ahí mismo, han fijado en el municipio entero las actividades que son necesarias llevar a cabo en el campo del ahorro de energía hasta el año 2020.

Esos actos para ahorrar energía y para promover las energías renovables se realizarán en todos los sectores que consumen energía en el municipio, es decir, en las oficinas municipales, en las viviendas, en el transporte, en las tiendas...

Hoy en día, en toda Europa alrededor de 4.000 municipios se han unido a esta importante iniciativa, y de ese modo, afectará a más de 160 millones de habitantes. En Euskadi, los municipios que han firmado el pacto, hasta ahora, son 14, y representan al 46% de los ciudadanos de Euskadi.

13.1.5.2. Las estrategias españolas a nivel estatal

- **El plan de actuación para el ahorro de energía y eficiencia (PAE4) 2011-2020 (IDAE 2011)**

Dando respuesta a los convenios de nivel Europeo,

desde que en 2003 se presentó la Estrategia para el Ahorro de Energía y Eficacia de España 2004-2012 (E4). Con la finalidad de canalizar el logro de los objetivos fijados se han presentado y desarrollado a nivel estatal diferentes Planes de Acción para el Ahorro de Energía y Eficiencia de plazo más corto y recogiendo las actualizaciones de estos objetivos y de las directivas Europeas. Empezando con el PAE4 2005-2007 presentado en 2005, siguiendo por PAE4 del 2007 y continuando por el de 2008-2012, hasta llegar al Plan de Actuación 2011-2020 que está en vigor hoy en día, se han ido actualizando los objetivos del ahorro energético. Mientras que el plan PAE+ tenía como objetivo el ahorro de energía de un 9% exigido por la Directiva 2006/32 CE a los Estados Miembro para el 2016, en este último se recogen los compromisos de la estrategia 20-20-20 fijados por la Comisión Europea para el 2020.

En cuanto al sector de la construcción, las medidas prioritarias para canalizar las inversiones se dirigen a mejorar el aislamiento térmico de los edificios que ya existen y a mejorar la eficiencia de las adaptaciones térmicas y de las de iluminación. En este sentido, aparece el objetivo de construir cada año 8.2 millones de m de viviendas y de construirlas con una calificación alta de energía, con el fin de dar impulso al mercado de edificios de bajo consumo. En cuanto a los utensilios, también incluye el Plan Renove de éstos, con el objetivo de sustituir 500.000 utensilios por año (de un stock de 90 millones de utensilios).

Con este plan se quiere impulsar especialmente tanto los edificios nuevos de calificación A y B como los rehabilitados, para esto resumiendo de este modo las ayudas económicas:

	CALIFICACIÓN B	CALIFICACIÓN A
Viviendas unifamiliares	30 €/m ²	50 €/m ²
Bloques de viviendas	20 €/m ²	35 €/m ²
Edificios no residenciales	15 €/m ²	30 €/m ²

Sin embargo, se prevé que aplicando este plan la mayoría del ahorro que se quiere conseguir en el sector de construcción se establecerá en el sector terciario, pues se cree que el ahorro que se puede conseguir en las viviendas en cuanto a la calefacción se equilibrará con la expansión de los sistemas de aire acondicionado. Teniendo en cuenta las construcciones para residencia y uso terciario en su totalidad, se prevé que el 71% de los ahorros provendrán de la mejora de la envolvente y las adaptaciones térmicas, y el otro %29 de la mejora de la eficiencia de la iluminación, limitando otra vez al sector terciario la mayor parte de este último.

13.1.5.3. Las estrategias y planes a nivel de la comunidad autónoma vasca

- **La estrategia de desarrollo sostenible Euskadi 2020. EcoEuskadi 2020 (Gobierno Vasco 2011a)**

Basándose en la estrategia Energy 2020 de Europa, EcoEuskadi 2020 es un instrumento indirecto de nivel regional que sirve para poder recurrir a nuevos modelos de desarrollo duradero, el que hace uno con las estrategias para el desarrollo sostenible de los tres territorios históricos de la Comunidad Autónoma Vasca.

La dirección de las actividades que se presentan se clasifican en nueve objetivos estratégicos que incluyen todos los campos de la sociedad: la economía, el empleo, la protección social, los recursos naturales, el cambio climático, la movilidad, la educación y el sistema de valor, la

administración y los objetivos del milenio.

En cuanto al sector de la construcción no da ninguna directriz exacta, viniendo de los objetivos 20-20-20 de Europa la definición del alcance de las medidas necesarias. Y a cuenta esto, en la tabla Fig. 288 se muestran los indicadores de esos compromisos Europeos a nivel Español y a nivel Vasco.

ESPARRUA ETA ADIERAZLE NAGUSIA	EB-27		ESPAINIA		EUSKADI	
	GAUR	2020rako	GAUR	2020rako	GAUR	2020rako
	EGUNGOA ¹⁹	HELBURUA	EGUNGOA ¹⁹	HELBURUA	EGUNGOA ²⁰	HELBURUA
ENERGIA ETA KLIMA ALDAKETA						
Berotegi efektuko gasen isuriak ²¹	% -11,3	% -20	% +27	% -20 ²²	% +6 ²⁵	% -20 ²³
Berriztagarrien proportzioa energiaren azken kontsumoan	% 10,3	% 20	% 10,7	% 20	% 6,5	% 17
Energiaren kontsumo aurrezpena		% 20		% 25,2 ²⁴		% 20

- **La Estrategia de Energía de Euskadi 2020. 3E2020 (Gobierno Vasco 2011b)**

La Estrategia de Energía de Euskadi (3E2020) lo aceptó el Consejo de Gobierno del Gobierno Vasco en diciembre de 2011, a nivel de Europa y España en las estrategias de energía apalabradas para el plazo de 2011-2020 y haciendo uno con los objetivos que se fijan en la estrategia EcoEuskadi 2020. Estos objetivos se clasifican en tres campos principales de la energía: el área del consumidor, que tiene la responsabilidad de la reducción de la demanda de energía; el mercado de energía y el campo de suministro, el responsable de mejorar la oferta de energía; y por último, el desarrollo tecnológico e industrial, que se tiene que canalizar a desarrollar la tecnología punta vinculada a la energía.

Las medidas necesarias a tomar en el sector la construcción se ubican en el área del consumidor, pese a que los avances que se llevan a cabo en los otros dos tengan una influencia directa. La siguiente tabla muestra la dirección de actuación que se propone para este sector:

C.3 REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA E INCREMENTAR EL USO DE LAS RENOVABLES EN LOS EDIFICIOS Y EL HOGAR	
Objetivos	Potenciar la rehabilitación energética de edificios y viviendas con sistemas y equipamientos de alta eficiencia, a través del importante papel de la Administración, tanto como agente de ordenación en el ámbito de sus competencias como en el papel ejemplarizante.
Situación 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo sector terciario: 1,1 Mtep • Peso en el consumo final: 20% • Ahorro medidas 2001-2010: 98.400 tep EP/a • Cogeneración instalada: 41 MW • Cuota renovables: 3%
¿Dónde se debe poner el énfasis en el futuro?	<ul style="list-style-type: none"> • Rehabilitación energética de edificios de viviendas antiguas de baja calidad energética • Ejemplificación de la Administración, a través de la renovación energética de sus edificios, instalaciones y equipos de consumo • Impulso del papel dinamizador e inversor de las Empresas de Servicios Energéticos (ESE) • Concienciación del ciudadano, mejora de hábitos de consumo y promoción de la compra de equipos eficientes
INICIATIVAS	<ul style="list-style-type: none"> • INICIATIVA C.3.1.- Promoción de la mejora energética de edificios y viviendas existentes • INICIATIVA C.3.2.- Formación, concienciación y fomento de la eficiencia y gestión de la demanda

Fig. 349. Proposed action in the Basque Country (Gobierno Vasco 2011b, p.113)

Profundizando en la Iniciativa C.3.1, se proponen las siguientes actividades:

C.3.1.1.- Las ayudas para hacer auditorías y diagnósticos del sector de la energía en los edificios

C.3.1.2.- Los programas para rehabilitar la envolvente térmica en los edificios

C.3.1.3.- El programa para rehabilitar los equipos consumidores de gran eficiencia

C.3.1.4.- Programas para promover los trabajos de investigación y las inversiones sobre las cogeneraciones pequeñas de gran eficiencia

C.3.1.5.- Las ayudas para implantar las instalaciones renovables de uso térmico (la energía solar, la biomasa, la geotermia)

C.3.1.6.- El plan para implantar contadores inteligentes en las viviendas y en los edificios

C.3.1.7.- Impulsar el certificado de energía de los edificios y de los parques de viviendas

C.3.1.8.- Los incentivos fiscales para invertir en las tecnologías limpias en las PYM del sector de servicio

En comparación con el escenario tendencial, con estos actos se espera conseguir para 2020 una reducción de un 8.7% del consumo de energía en el sector de residencia.

Asimismo, siguiendo las recomendaciones de la Comisión Europea, se plantean los actos para promover el papel ejemplarizante del sector público, por ejemplo, la promoción en la administración pública vasca de los edificios que tienen un consumo de energía “casi insignificante” y la promoción de las viviendas públicas de consumo

muy bajo de energía.

- **El pacto social a favor de la vivienda (Gobierno Vasco 2010b)**

Con la finalidad de arreglar el problema de la dificultad que tienen muchas familias para adquirir una vivienda digna y para adecuarla a sus necesidades a consecuencia de la situación económica y social actual, el consejero de la Vivienda, Trabajo Público y Transporte de 2009 en noviembre el presenta junto el Pacto Social a favor de la Vivienda en busca de una gestión más eficaz acerca de los recursos del campo de la vivienda.

Los actos que se proponen llevar a cabo para el 2025 proponen responden a cuatro desafíos principales:

1. Crecer las posibilidades de conseguir suelo en el mercado de vivienda
2. Agrandar el parque de la vivienda protegida, aumentando la proporción de las viviendas de alquiler
3. Aumentar la rehabilitación de los edificios y definir los programas estratégicos para restaurar y rehabilitar los espacios urbanos
4. Mejorar la responsabilidad del campo de institución y promover la colaboración pública/privada.

En cuanto a la rehabilitación de las viviendas, entre los actos que se proponen se pone como objetivo rehabilitar 250.000 viviendas en 15 años, valiéndose para esto de los instrumentos como el inventario de la situación actual de los edificios, la expansión de los programas de ayuda y la inspección técnica de los edificios, siempre dando prioridad a la reforma global. En los programas de rehabilitación, aparte de incluir a las grandes ciudades, también se propone incluir a los de menos de 3.000 habitantes.

- **Plan estratégico de la CAV para rehabilitar edificios y recrear la ciudad 2010-2013 (Gobierno Vasco 2010a)**

La política de rehabilitación de Euskadi comenzó por medio del Decreto 278/1983 promulgada por el Gobierno Vasco para hacer frente a la situación de deterioro que estaban soportando los núcleos urbanos más importantes de la Comunidad Autónoma Vasca. Pese a que los primeros objetivos se dirigían a los “centros históricos” degradados, en los años siguientes las políticas de rehabilitación se extendieron a otros lugares de la ciudad.

Después de hacer la valoración del Plan Corrector de la vivienda 2006-2009, se implantan las prioridades del plan estratégico para el plazo 2010-2013, y se revisan los criterios para canalizar las ayudas, dirigido a estos objetivos:

- Participar de modo integrado en los barrios, según el nivel de debilidad y superando los límites y las definiciones de “Los centros históricos” y los “Lados degradado”.
- Dar la prioridad a participar en los elementos comunes, inclusive la intervención en los sistemas técnicos.
- Realizar una mejora conjunta de la intervención sobre los elementos comunes y condiciones de accesibilidad, dando prioridad a las actividades, siguiendo al mayor acuerdo de los comuneros y a la mayor debilidad del campo.
- La eficiencia energética: la eficiencia energética del patrimonio construido ofrece una posibilidad para dar un gran impulso a la rehabilitación y para poner en primer nivel de interés político y social, sin olvidar las más “clásicas” necesidades de rehabilitación.

- Establecer las declaraciones y los perfiles de calidad, en cuanto a la intervención para rehabilitar, promoviendo la mejoría de los requisitos mínimos que se pueden pedir.

- Se prevé una cantidad de 70.500 viviendas con necesidad de rehabilitación, estableciendo subvenciones de 875 € de media para las viviendas para las actividades individuales y 15.000€ de media para las viviendas para las actividades de las rehabilitaciones integrales de los edificios.

- **El programa REVIVE (B.O.P.V. 2012)**

Entre los programas derivados de la estrategia explicada aquí, el Gobierno Vasco pone en marcha el plan Revive en julio de 2012 con el objetivo de financiar las actuaciones canalizadas a mejorar la accesibilidad de los edificios, la habitabilidad y las condiciones de la eficiencia de energía, con un presupuesto de 9,3 millones de euros.

Las actuaciones del programa que son subvencionables están canalizadas a tomar parte en los edificios o en edificios completos, si su uso principal es el de la vivienda y si ha sido construido antes con el 1980. Esas actuaciones son las siguientes:

- Las actuaciones de las instalaciones de la envolvente térmica y/o de la producción térmica, por lo menos, con el fin de conseguir una certificación C de energía.
- Mejorar la instalación o los conductos de aire.
- Mejorar la accesibilidad de los edificios y sus alrededores
- Las actuaciones canalizadas a conseguir adecuar las condiciones de habitabilidad por medio de ampliar el perímetro

construido.

- La monitorización de los sistemas utilizados para comprobar el funcionamiento de las medidas tomadas y la eficiencia.

Como se ha mencionado antes, de cada vivienda que se ubica dentro de una rehabilitación integral se dan ayudas de 15.000 €.

- **La hoja de ruta de la construcción sostenible del País Vasco. BULTZATU 2025 (Gobierno Vasco 2012)**

La hoja de ruta Bultzatu 2025 se inserta en la estrategia EcoEuskadi 2020, y fija objetivos de medio-largo plazo para desarrollar un modelo que sea más sostenible desde el punto de vista económico, social y medioambiental, con la perspectiva de que para el año 2025 la construcción sostenible de Euskadi sea referente de Europa.

Se lleva a cabo un examen profundo de la situación del parque de construcción de la CAV y de las necesidades de intervención, valorar la eficacia y el alcance de los programas de ayuda hasta la fecha, y medir la realidad socioeconómica sobre la construcción mediante algunos indicadores, queriendo conocer exactamente el nivel de interiorización que tiene la construcción sostenible en la CAV, con el fin de dar el impulso a este.

Además de la situación actual, se estudian otros tres escenarios eventuales (el escenario tendencial, el escenario para el cumplimiento de las directivas Europeas y los planes de la CAV), previendo el impacto que estos tendrían en el campo social, económico y medioambiental. Desde las conclusiones de este trabajo de investigación se dibujan objetivos estratégicos, y para que estos pongan en práctica se plantean en un principio cinco ejes de actuación, sin descartar que más tarde pueden aparecer más:

1-. El diseño de un reglamento normativo adelantado, el desarrollo y la implementación con los mecanismos de control y continuación. En este sentido, se subraya que la nueva normativa se tendría que dirigir hacia cumplir y superar las demandas de las normativas europeas y españolas, tomando como punto de partida los estándares de una certificación de referencia europea y proponiendo adecuarlo a Euskadi.

2-. La sensibilización de los dueños de las viviendas y los últimos usuarios.

3-. Fortalecer y extender el sistema de soporte y el sistema de promoción, asesoría y financiación para la ejecución de las actuaciones de mejora.

4-. Entrar, desarrollar y potenciar el mercado de productos y servicios innovadores, soportables y de mejores ayudas.

5-. Orientar y desarrollar las capacidades de los profesionales del sector hacia la innovación y sostenibilidad.

Se diferencian las prioridades temporales para implementar las iniciativas que saldrán de estos ejes de actuación. Así, en los primeros años se considera como preferente adecuar la normativa y desarrollar nuevos modelos e instrumentos, los cuales posibilitarán los recursos financieros suficientes. Vendrá a continuación el esfuerzo de sensibilización y asesoría, necesario para conseguir los niveles de respuesta necesarios para conseguir el nivel de participación que se busca en la segunda fase. Por último, el desarrollo de la oferta y de la preparación tendrá un carácter más continuado a lo largo de todo el plazo. Las líneas que expresan la intensidad de diferentes ejes a lo largo de la hoja de ruta aparecen en la siguiente gráfica:

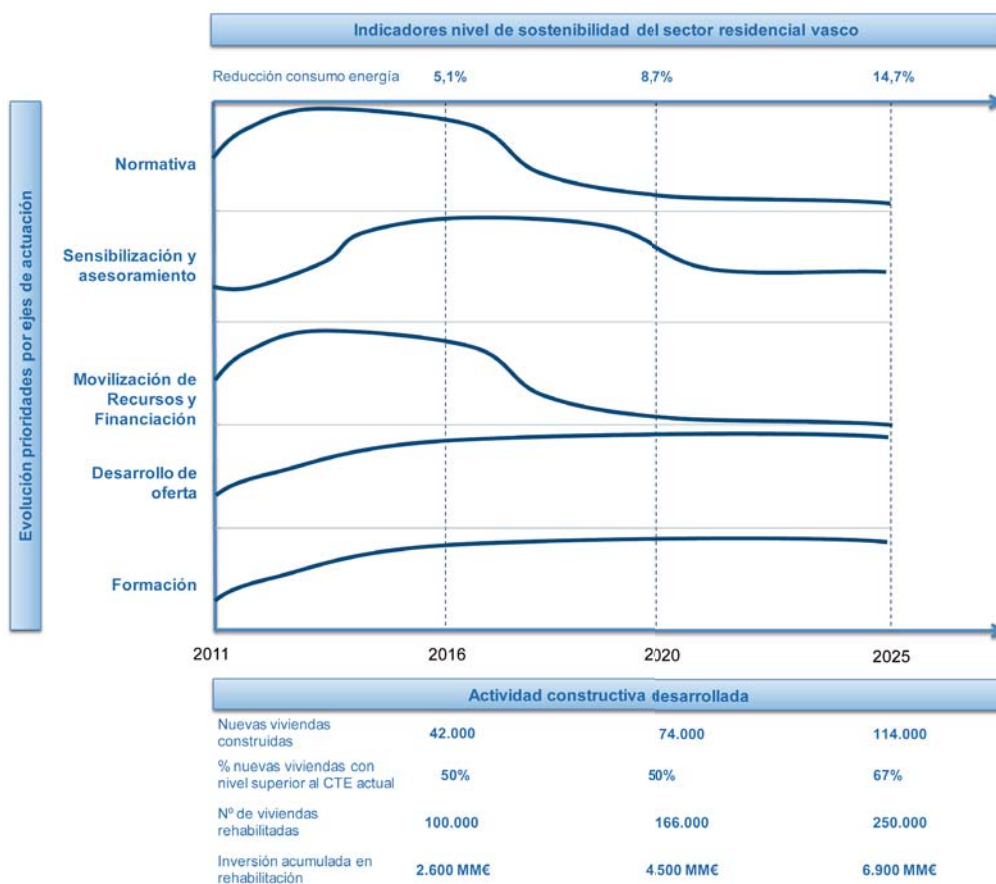


Fig. 350. Basque roadmap. Bultzatu 2025(Gobierno Vasco 2012, p.53)

13.1.5.4. Ejemplos de referencia de los Estados Miembro de Europa

Entre algunas iniciativas desarrolladas en los países de Europa que se basan en las estrategias a nivel Europeo ya mencionadas de antemano, se han encontrado proyectos que incluyen las intervenciones de los edificios situados alrededor de zona de campo con el fin de conocer los ejemplos ya realizados. Especialmente se han destacado dos proyectos porque se cree pueden ser útiles para los objetivos de este trabajo de investigación, porque incluyen la rehabilitación de los edificios de campo, basándose sobre todo en la mejora de la envolvente térmica, y teniendo en cuenta la conservación del patrimonio de la arquitectura y de la recuperación.

- **CONCERTO (European Commission 2015)**

CONCERTO es una iniciativa de la Comisión Europea creada dentro de “European Research Framework Programme” (FP6 y FP7), que tiene el objetivo de aplicar la optimización del sector de la construcción en todas las comunidades, basados

en la creencia de que es más eficiente y barato que la optimización de los edificios escasos. La iniciativa de la Unión Europea “DG Energy” puesta en marcha en 2002 ha financiado 58 comunidades en 22 proyectos desarrollados en 23 países.

- **SERVE. Sustainable Energy for the Rural Village Environment (Concerto 2012)**

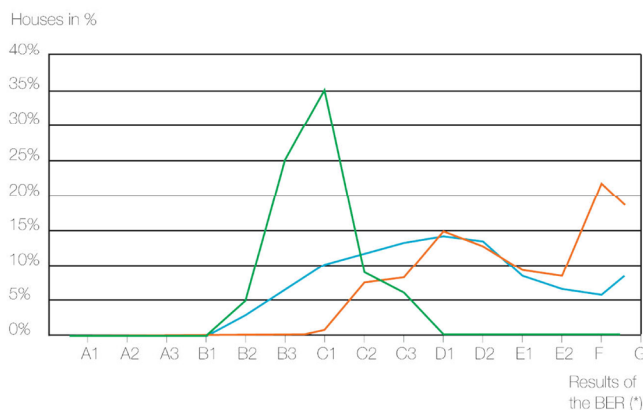
Introducido en el programa CONCERTO, SERVE (Sustainable Energy for the Rural Village Environment) es un proyecto para promover las rehabilitaciones energéticas y los nuevos edificios sostenibles en la zona de campo de North Tipperari County de Irlanda.

ALCANCE

En las siguientes fichas se resumen primero los logros del proyecto, explicando las mejoras conseguidas mediante los certificados de eficiencia energética (BER), y resaltando a continuación las medidas tomadas en tres casos ejemplarizantes y el logro de la reducción de las demandas de energía.

SERVE PROJECT IMPACTS:

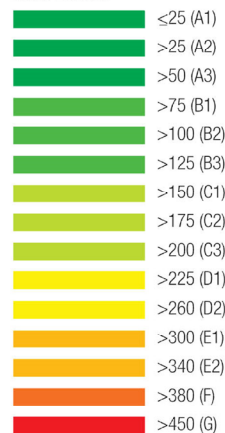
Before SERVE (Orange) : average BER in existing buildings, National average BER in existing buildings (Blue), After SERVE : average BER in retrofitted houses (Green)



Before in the SERVE region, most houses had a building energy rating between C and D. (*) The Building Energy Rating (BER) is a certificate that indicates the energy performance of the house. The BER covers annual energy use for space heating, water heating, ventilation and lighting calculated on the basis of standard occupancy. The label has a scale of A-G. A-rated homes are the most energy efficient and G the least efficient.

BUILDING ENERGY RATING (*) kWh/m²/yr

Most Efficient



Least Efficient

Fig. 351. Average BER in existing buildings (Concerto 2012)

13. APPENDIX	12. BIBLIOGRAPHY	11. CONCLUSIONS	10. GUIDELINES	9. HERITAGE SENSITIVITY	8. STRATEGIES' EFFICIENCY	7. ROLE OF THE USE	6. DIAGNOSIS	5. METHODOLOGY	4. KEYS	3. BASERRI	2. STRUCTURE	1. PREFACE
--------------	------------------	-----------------	----------------	-------------------------	---------------------------	--------------------	--------------	----------------	---------	------------	--------------	------------

- **ALPHOUSE. Alpine building culture and ecology (AlpHouse partners 2012)**

Se exige el registro, análisis y documentación de los edificios de parte del patrimonio cultural de los Alpes para posibilitar la preservación y recuperación, concretando los criterios para la rehabilitación energética.

“Las rehabilitaciones realizadas según el criterio de calidad AlpHouse se canalizan a dos objetivos principales:

- La conservación y el desarrollo del patrimonio cultural del Espacio de los Alpes, el cual se refleja en la arquitectura popular, en las estructuras de asentamiento tradicionales, en los materiales de la zona y en las técnicas de artesano.

- La optimización de la eficiencia energética de los edificios y de los costes a lo largo de ciclo de vida de los edificios y los asentamientos, conseguido gracias a la aplicación del conocimiento exacto a de las tecnologías más novedosas y de la ecología y condiciones del lugar.

Unificar estos dos objetivos supone un gran desafío: hay que encontrar resoluciones diferenciadas según la clase de edificio, el uso y la situación. De esta manera se posibilita introducir las tecnologías modernas estandarizadas sin destruir las características distintivas de identidad que tienen los edificios de los Alpes.”

- **SUSTAINCO. Sustainable energy for rural communities (IEE 2012)**

Partiendo de las lecciones de SERVE y programas parecidos, en 2012 la Unión Europea a través del programa Intelligent Energy Europe (IEE) lanza el programa SUSTAINCO con la finalidad de promover los edificios de casi cero energía (Nearly Zero Energy Buildings, NZEB) en el ámbito rural. Junto con 9 socios de siete Estados Miembro se

elegirán casos para 40 trabajos de investigación, construyéndose de estos 8 proyectos NZEB, promoviendo el conocimiento acerca de los edificios de esta clase y desarrollando los instrumentos basados en la financiación y en la técnica. Además de esto, se responsabilizará de la dirección de otros 50 proyectos que están ya en marcha.

13.1.6. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DEL CONTEXTO ENERGÉTICO

13.1.6.1. Resumen del marco energético que corresponde a la construcción

La Directiva Europea 2002/91/CE sobre la Eficiencia Energética de los edificios implantaba las directrices a los Estados Miembro de la Unión Europea para la reducción de las emisiones de CO2 que le corresponden al sector de la construcción para encaminar los objetivos del protocolo de Kioto. En cuanto a la envolvente térmica de los edificios concretaba algunos actos concretos que los estados miembro necesitaban desarrollar:

- Establecer los valores mínimos para los elementos de construcción de la envolvente térmica para reducir la demanda de energía necesaria para adecuar térmicamente los edificios y crear instrumentos para garantizar la verificación de estos valores. Estos valores tendrían el campo de aplicación tanto en construcciones de nueva planta como en las rehabilitaciones que cumplen algunos requisitos. Asimismo, se concretaba la orden de actualizar estos valores cada cinco años para adaptarse al camino de cumplimiento de los objetivos de 2020.
- Ofrecer instrumentos para medir el comportamiento energético de los edificios conseguir la calificación energética, siendo exigible tanto para las construcciones de nueva planta como para los que ya existen.

La implementación de esta directiva se ha realizado en diferente nivel y plazo en los diferentes estados miembro. En el caso de España, la sección que le corresponde a la demanda de la adaptación térmica se desarrolla por medio del EKT aceptado en 2006, pero los valores que tendrían que estar actualizados todavía continúan igual. En cuanto a la calificación, por medio del Real Decreto 47/2007 que acepta

el procedimiento básico para el certificado de eficiencia energética de las nuevas construcciones aceptadas en 2007, se regulaba la calificación energética de los edificios de nueva planta, pero el que corresponde a los edificios que ya existen todavía se encuentra en proceso de aceptación. Este retraso, el cual le ha supuesto al estado Español una multa dirigida desde Europa, supone un gran retraso en el nivel de implementación y actualización en comparación con los otros países, volviéndose más imprescindibles los pasos que son necesarios dar en esta actualización. Las directivas sobre la actualización de esta normativa las da la Directiva Europea 2010/31/UE sobre la Eficiencia Energética de los Edificios de 2010, estableciendo las bases para conseguir un consumo de energía casi nulo en los nuevos edificios.

Así, el esfuerzo que es necesario hacer para adaptar la normativa de España a estos objetivos actualizados se tendría que añadir a corto plazo si se quiere conseguir aguantar en el camino de los objetivos de 2020.

13.1.6.2. Resumen de la situación actual y de la tendencia futura

Teniendo en cuenta que las rehabilitaciones son posibilidades que surgen para mejorar las características de los edificios cada treinta años, es necesario para estos casos establecer de modo correcto los niveles de demanda de eficiencia para sacar beneficio a la reducción de coste y consumo potencial de estos ciclos. De hecho, se demuestra que las medidas basadas en los valores de aislamiento adecuados servirían para que los usuarios consigan ahorros significativos y para conseguir los objetivos climáticos acordados por Europa (Ecofys en VII trabajo de investigación entre otros).

Para que sea posible conseguir reducir en un 80% la emisión de los gases del efecto invernadero para 2050 (La Hoja de Ruta Europea 2050) es

imprescindible tomar medidas inminentes en los edificios existentes. Sabiendo que los edificios nuevos solamente suponen el 1% del stock de los edificios de Europa y siendo los ciclos de rehabilitación de los edificios en general de treinta años, está claro que no hay tiempo que perder en el endurecimiento de las exigencias. De hecho, hay que tener en cuenta que los edificios que utilizaremos en 2050 se construirán y se rehabilitarán entre 2010 y 2020.

Por lo tanto, para conseguir el objetivo de reducir en un 85% el consumo de energía de los edificios para 2050, los valores U de la envolvente térmica de los edificios, junto con otras características, hay que ponerlos cuanto antes cerca del coste óptimo, siguiendo a lo planteado en la directiva EPBD y a lo demostrado en estudio Ecofys VII, dirigiéndose hacia la comodidad, la salubridad y los principios como la sostenibilidad de la construcción junto hacia los estándares de Energía Neta Cero.

Como se presenta en este análisis, ya hay en el mercado europeo algunos ejemplos que demuestran la viabilidad de este concepto, sí en los edificios nuevos, incluso en muchos casos también aun encontrándose con alguna delimitación, los que son aplicables en los edificios que ya existen. Aún más, en algunos estados, se puede ver que estos sellos y estándares creados desde el ámbito privado están sirviendo como base de las normativas que están en vigor hoy en día.

Por lo tanto, conocer las características de las construcciones que se serán obligatorias a nivel Europeo en 2020 presenta una referencia clara para la actualización de las normativas que hay que realizar ahora, colocándose los impedimentos principales en el poder de adaptación en el mercado local de la construcción y en la capacidad de inversión de la población en estos momentos. El alcance de las demandas energéticas que deben exigirse en un futuro próximo se debería crear desde la gestión equilibrada de esos factores.

13.2. CARACTERIZACIÓN ELEMENTOS DE MADERA DE CASERÍO TORRE



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
Dpto. de Ingeniería Agrícola y Forestal
E.T.S.I.I.A.A.
Av/ de Madrid 57 34007 Palencia
Tf: 979-108397-Fax: 979-108440

13.2. CHARACTERIZATION OF WOODEN ELEMENTS OF TORRE FARMHOUSE

INFORME DE IDENTIFICACION DE MUESTRAS

Con fecha de 24 de julio de 2012 se recibe en nuestro Laboratorio muestras de madera para realizar su identificación, procediéndose de la siguiente manera:

a.- Muestra recibidas.

Se reciben 5 muestras con dimensiones aproximadas de 2 x 2 x 2 cm; en diferentes estados de conservación y degradación, Foto 1.



Foto 1. Muestra madera

La muestra presentan diferentes densidades aparentes, alguna de ellas muy baja debido al importante grado de ataque que presenta (muestras nº1 y nº 5).

b.- Preparación.

Se tomaron piezas de 1 x 1 x 1 cm, aproximadamente, de la muestras para la elaboración de preparaciones de identificación al microscopio. Los cortes, de un grosor entre 18 y 30 micras, se realizaron utilizando un microtomo de deslizamiento, Foto 2, obteniéndose muestras de

Laboratorio de Tecnología de la Madera _____ *Identificación de muestra 25 de julio 2012*

los tres planos principales. Cada una de ellas fue teñida con safranina y montadas en un portaobjetos para su identificación microscópica.



Foto 2. Microtomo de deslizamiento.

c.- Caracteres de identificación apreciados en las muestra.

Muestra 1

El estado de conservación de la muestra nº1 no ha permitido realizar cortes precisos para poder determinar de forma positiva la especie de madera en cuestión y no han podido obtenerse micrografías aceptables. De la observación microscópica ha podido apreciarse únicamente que se trata de una madera con “vasos”, que se disponen en estructura de “anillo poroso”, lo que hace pensar, atendiendo a la procencia, que se pueda tratar de madera de la especie *Castanea sativa* Gaertn.

Muestra 2

A pesar del estado que presenta la madera se ha podido determinar lo siguiente:

c.1.- Madera con vasos. (Foto 3), lo que implica que se trata de una frondosa.

Se aprecian grandes vasos junto al extremo del anillo de crecimiento, siendo los que aparecen en el interior y final del anillo, más pequeños; tratándose de una madera de “anillo poroso”.

Laboratorio de Tecnología de la Madera _____ Identificación de muestra 25 de julio 2012

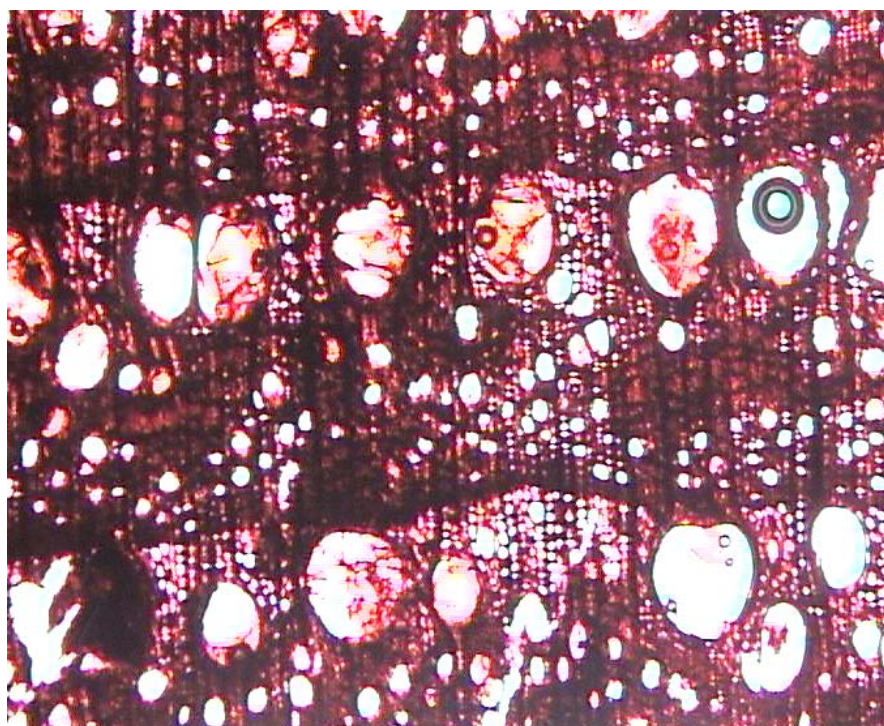


Foto 3. Micrografía. Corte transversal.

c.2.- Radios leñosos homogéneos y uniseriados. (Foto 4)

Radios leñosos uniseriados, formados por entre 10 y 25 células.

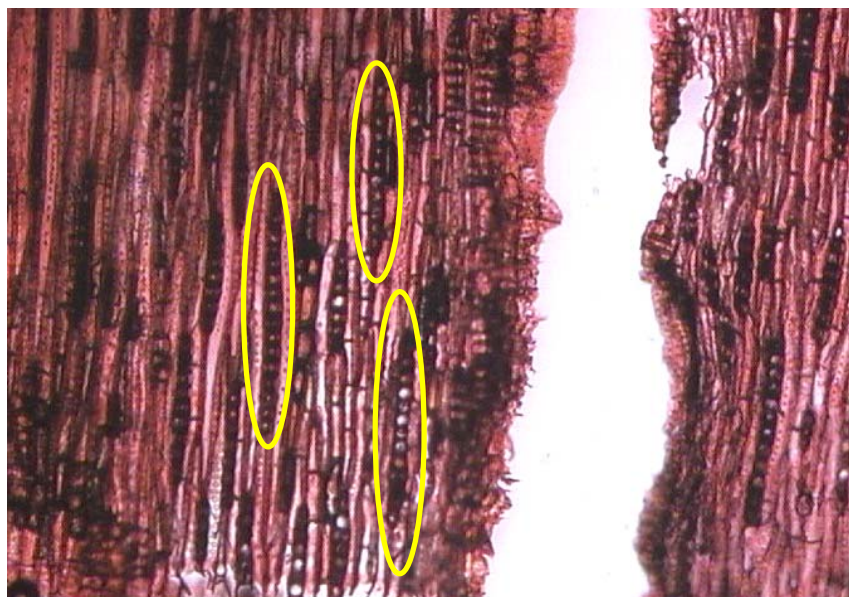


Foto 4. Micrografía. Corte tangencial.

Laboratorio de Tecnología de la Madera _____ *Identificación de muestra 25 de julio 2012*

Las características que en el análisis microscópico se observan determinan que la muestra analizada corresponde al género *Castanea*, y con mucha probabilidad a la especie *Castanea sativa* Gaertn., por ser la la que se produce y se utiliza tradicionalmente en este ámbito geográfico.

La madera presenta un importa ataque de hongos, pudiéndose apreciar gran cantidad de hifas que proliferaron en el interior de los elementos anatómicos de la madera (muestra 2.avi)

Muestra 3

c.1.- Madera con vasos. (Foto 5), lo que implica que se trata de una frondosa.

Se aprecian grandes vasos junto al extremo del anillo de crecimiento, siendo los que aparecen en el interior y final del anillo, más pequeños; tratándose de una madera de “anillo poroso”.

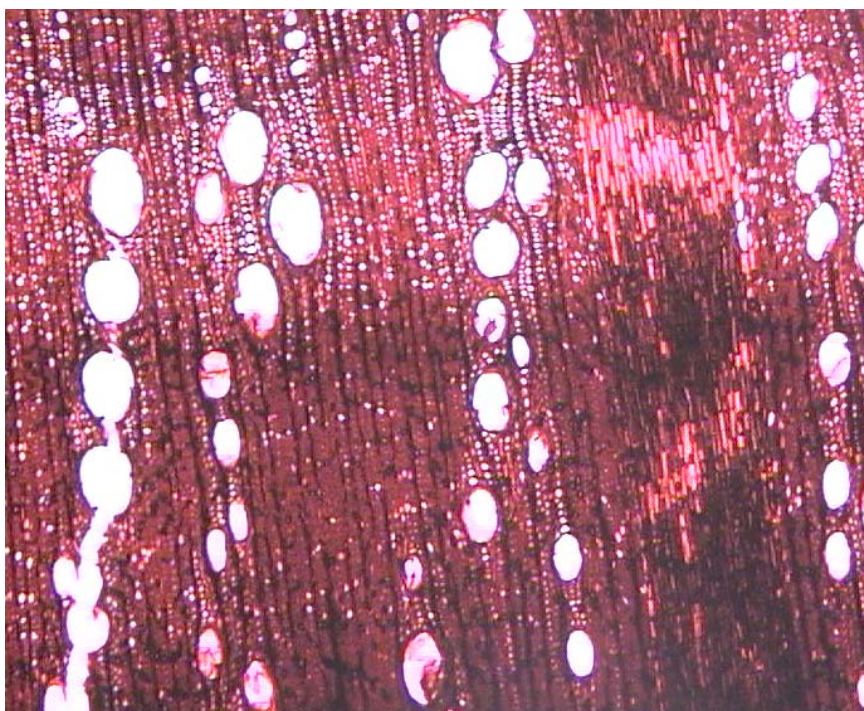


Foto 5. Micrografía. Corte transversal.

c.2.- Radios leñosos uniseriados y multiseriados. (Foto 6)



Foto 6. Micrografía. Corte tangencial.

Las características que en el análisis microscópico se observan determinan que la muestra analizada corresponde al género *Quercus*, y con mucha probabilidad a una de las dos especies de robles: *Quercus robur* L. o *Quercus petraea* Liebl., ambos localizados y utilizados tradicionalmente en este ámbito geográfico.

Muestra 4

c.1.- Madera con vasos. (Foto 7), lo que implica que se trata de una frondosa.

Se aprecian grandes vasos junto al extremo del anillo de crecimiento, siendo los que aparecen en el interior y final del anillo, más pequeños; tratándose de una madera de “anillo poroso”.

Laboratorio de Tecnología de la Madera _____ *Identificación de muestra 25 de julio 2012*

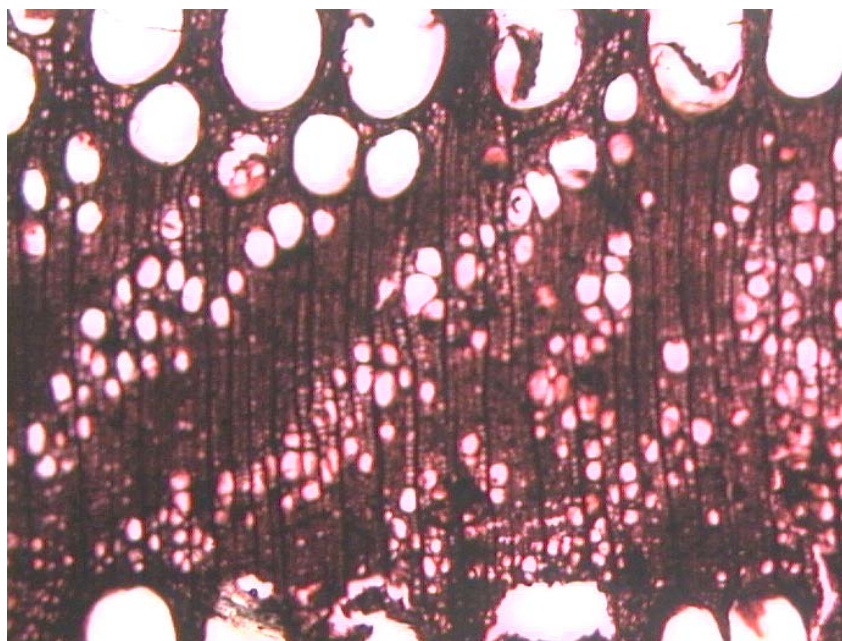


Foto 7. Micrografía. Corte transversal.

c.2.- Radios leñosos homogéneos y uniseriados. (Foto 8)

Radios leñosos uniseriados, formados por entre 10 y 25 células.



Foto 8. Micrografía. Corte tangencial.

Las características que en el análisis microscópico se observan determinan que la muestra analizada corresponde al género *Castanea*, y con mucha probabilidad a la especie *Castanea sativa* Gaertn.

Muestra 5

El estado de conservación de la madera es realmente malo, por lo que únicamente se ha podido realizar el corte transversal, sin embargo, y a la vista de las características de los elementos que se pueden observar (madera con vasos y radios leñosos multiseriados y gruesos – Foto 9), se puede concluir que esta madera se corresponde con *Quercus robur* L. o *Quercus petraea* Liebl

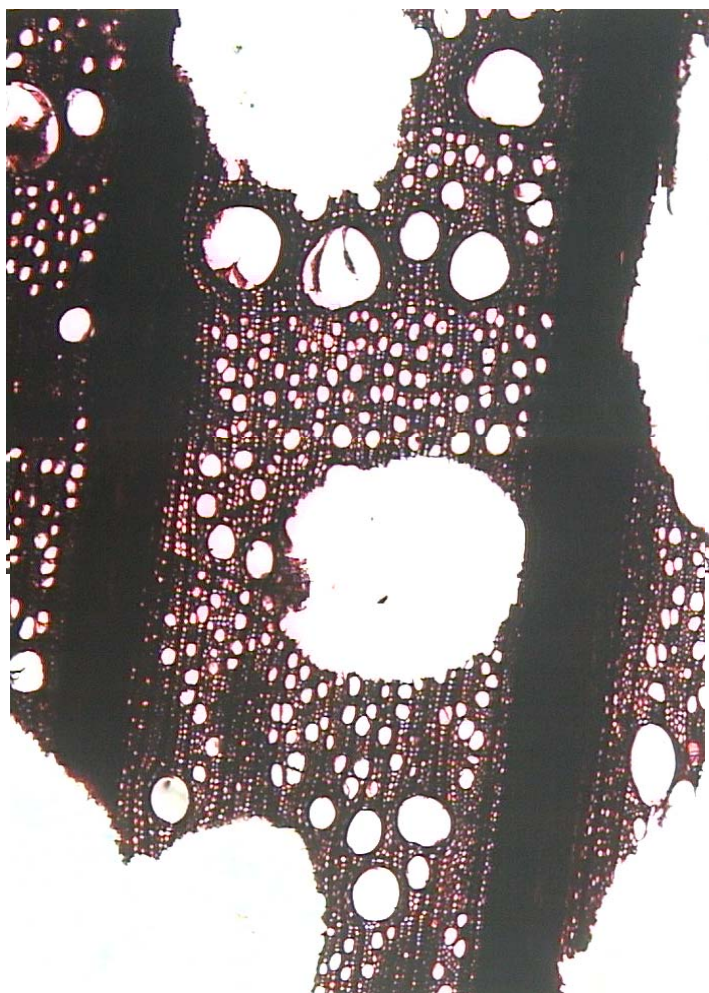


Foto9. Micrografía. Corte tangencial

Laboratorio de Tecnología de la Madera _____ Identificación de muestra 25 de julio 2012

En archivo comprimido se adjuntan el resto de micrografías realizadas para las identificaciones.

En Palencia a 26 de julio de 2012.

Luis Acuña Rello

Profesor de Tecnología de la Madera
de la E.T.S. de Ingenierías Agrarias

Laboratorio de Tecnología de la Madera _____ Identificación de muestra 25 de julio 2012

13.3.1. Torre

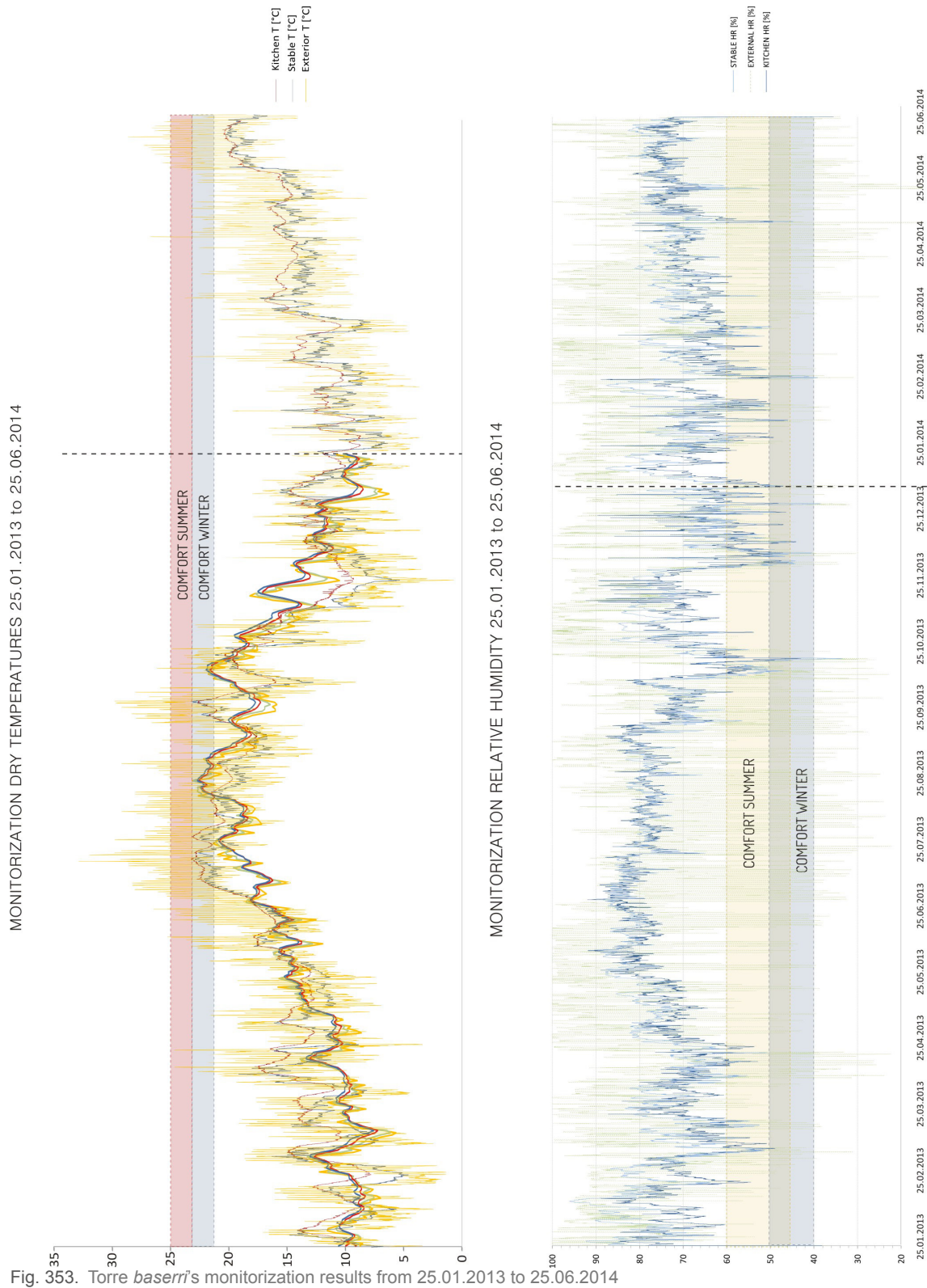


Fig. 353. Torre baserri's monitorization results from 25.01.2013 to 25.06.2014

13.3.2. Barrenetxe



Fig. 354. Barrenetxe *baserr*'s monitorization results. 23.11.2010-10.21.2011

13.4. MODELO DE ENERGYPLUS DEL CASERÍO TORRE

13.4.1. Datos climaticos

Esta simulación se basa en el template de los datos climáticos de Bilbao/sondica. Latitud de 43,40° y Longitud -2,67 °. La cota respecto al mar

13.4. ENERGYPLUS MODEL OF TORRE FARMHOUSE

se establece en 170 m y el edificio esta expuesto a las rachas de viento debido a que se sitúa en el ámbito rural.

Location Template	
Template	BILBAO/SONDICA
Site Location	
Latitude (°)	43.40
Longitude (°)	-2.67
ASHRAE climate zone	3C
Site Details	
Elevation above sea level (m)	170.0
Exposure to wind	3-Exposed
Site orientation (°)	0
Ground	>>
Water Mains Temperature	>>
Precipitation	>>
Site Green Roof Irrigation	>>
Outdoor Air CO2 and Contaminants	>>
Time and Daylight Saving	>>
Simulation Weather Data	>>
Winter Design Weather Data	>>
Summer Design Weather Data	>>

Fig. 355.Site information

13.4.2. Modelo Simplificado

Se crea un modelo simplificado del caserío Torre basado en el levantamiento arquitectónico.

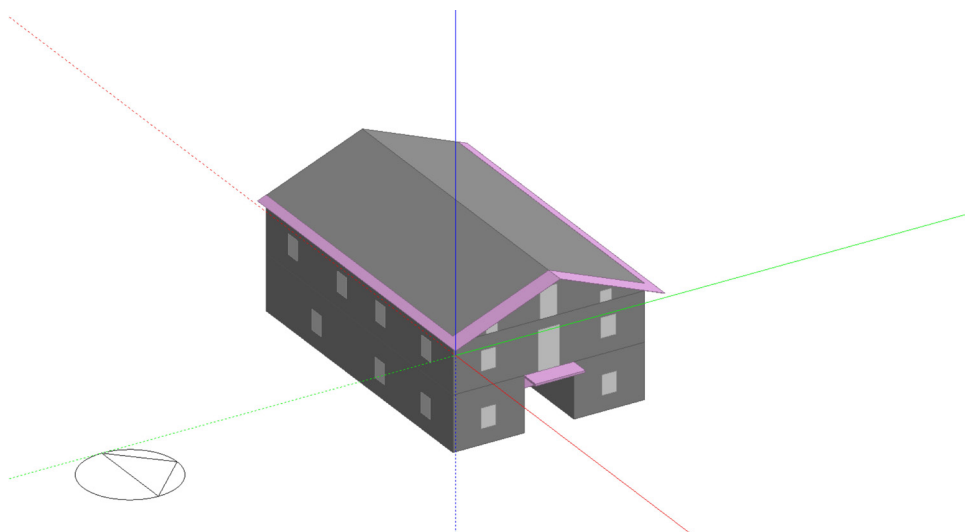


Fig. 356.Site information

13.4.3. Materiales

Los materiales de los sistemas constructivos de la simulación se fundamentan en los valores de la siguiente tabla.

ELEMENT	layers	THICKN. m	CONDUCT. W/(m·K)	DENSITY kg/m3	SPC. HEAT CAP. J/(kg·K)	TRANSM. U W/m2·K
ROOF		0,045				2,310
	Clay tile	0,015	0,84	1900	800	
	Timber flooring	0,03	0,14	650	1200	
EXTERNAL STONEWALLS		0,63				1,730
	Limestone	0,22	1,5	2180	720	
	Limestone	0,18	1,5	2180	720	
	Limestone	0,22	1,5	2180	720	
	Plaster (lightw.)	0,01	0,16	600	1000	
INTERNAL CEILINGS		0,03				2,330
	Timber flooring	0,03	0,19	700	2390	
INTERNAL WALL		0,12				1,690
	Plaster (lightw.)	0,01	0,16	600	1000	
	Birckwork	0,1	0,62	1700	800	
	Plaster (lightw.)	0,01	0,16	600	1000	
GROUND FLOOR		0,58				0,480
	Cultivated Peat Soil 133%	0,5	0,29	700	3300	
	Air gap	0,05				
	Timber flooring	0,03	0,14	650	1200	
WINDOWS Single Glazed						5,400

Fig. 357. List of the constructive elements of Torre *baserri*

13.4.3.1. Window to Wall ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	351.86	106.98	68.95	106.98	68.95
Above Ground Wall Area [m2]	351.86	106.98	68.95	106.98	68.95
Window Opening Area [m2]	20.24	4.11	7.84	8.30	0.00
Gross Window-Wall Ratio [%]	5.75	3.84	11.37	7.75	0.00
Above Ground Window- Wall Ratio [%]	5.75	3.84	11.37	7.75	0.00

Fig. 358. Window to wall ratio of the model

13.4.3.2. Calidad de la envolvente y nivel de estanqueidad

La calidad de la envolvente se estima que es “very poor” por las imperfecciones constructivas que existen en el caserío Torre.

Respecto a la estanqueidad de las estancias, al no disponer de datos de un “blower test” se considera la situación más desfavorable y se estima que

pueden llegar a 10 ren/h @50 Pa. Esta pérdida calorífica es constante

Las estancias superiores se encuentran ventiladas por lo que se abren huecos en la envolvente de mampostería del pajar y el granero.

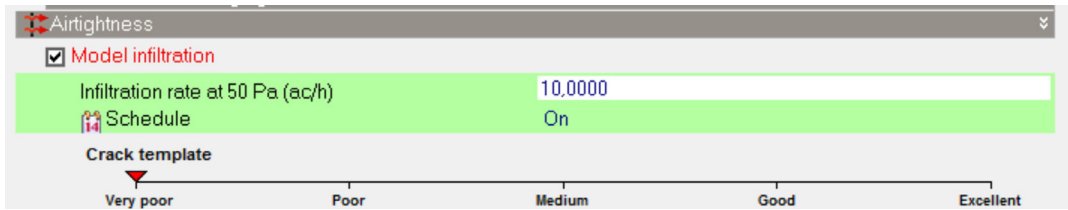


Fig. 359. Envelope quality of the simulated model

13.4.4. Actividad

No hay actividad en las estancias interiores.

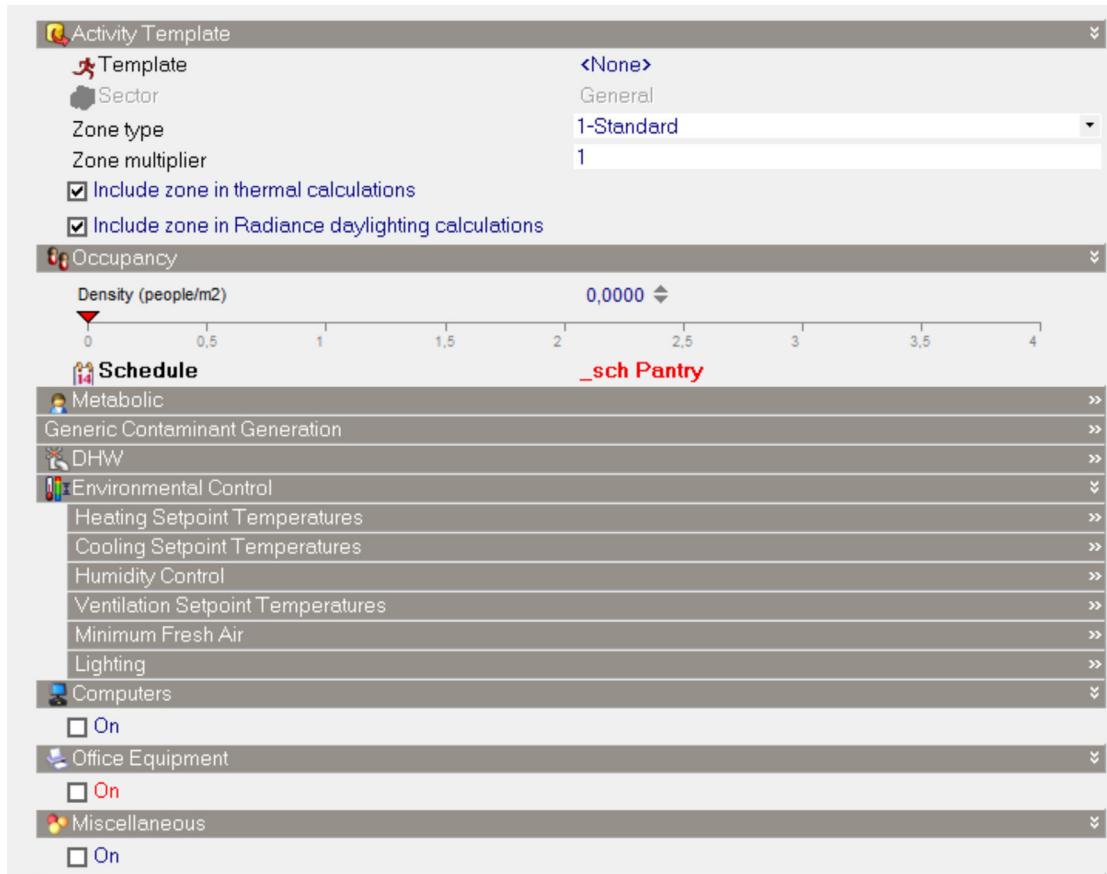


Fig. 360. Activity of the simulation model

13.4.5. Sistemas de acondicionamiento

Al basarse en un análisis de un caserío vacío y sin uso, no existe ningún tipo de sistema de calefacción o refrigeración.

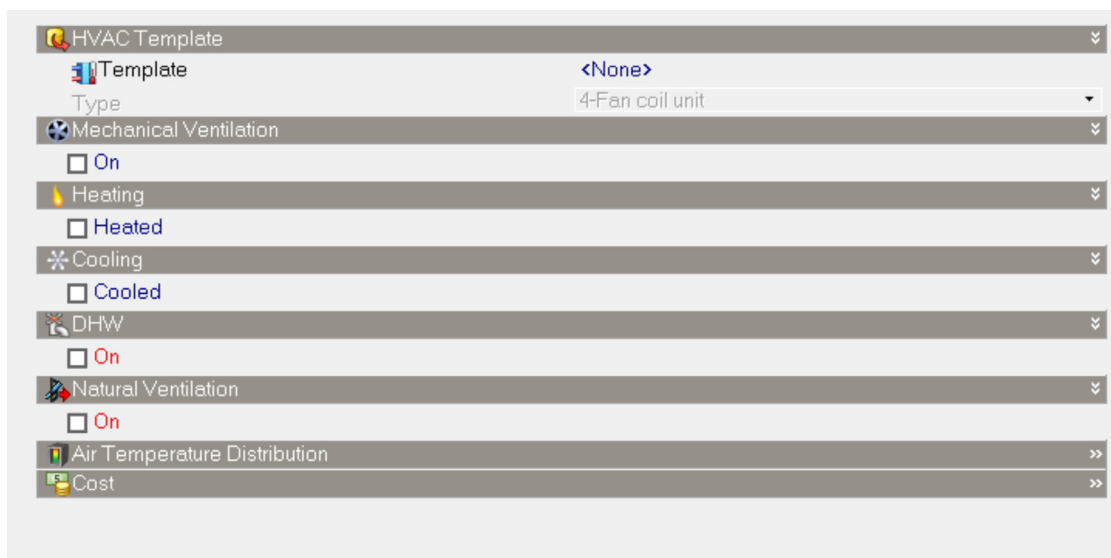


Fig. 361. Heating system of the simulation model

13.5. PERFILES DE USO PARA LOS ESCENARIOS

- Cocina.

KITCHEN			
For: Weekdays SummerDesignDay,	For: Weekends,	For: Holidays,	For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 07:00, 0,	Until: 07:00, 0,	Until: 07:00, 0,	Until: 24:00, 0;
Until: 10:00, 1,	Until: 10:00, 1,	Until: 10:00, 1,	
Until: 19:00, 0,	Until: 19:00, 0,	Until: 19:00, 0,	
Until: 23:00, 0.2,	Until: 23:00, 0.2,	Until: 23:00, 0.2,	
Until: 24:00, 0,	Until: 24:00, 0,	Until: 24:00, 0,	

Fig. 362. Kitchen heating profile

- Estancia principal.

MAINROOM			
For: Weekdays SummerDesignDay,	For: Weekends,	For: Holidays,	For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 16:00, 0,	Until: 16:00, 0,	Until: 16:00, 0,	Until: 24:00, 0;
Until: 18:00, 0.5,	Until: 18:00, 0.5,	Until: 18:00, 0.5,	
Until: 22:00, 1,	Until: 22:00, 1,	Until: 22:00, 1,	
Until: 23:00, 0.67,	Until: 23:00, 0.67,	Until: 23:00, 0.67,	
Until: 24:00, 0,	Until: 24:00, 0,	Until: 24:00, 0,	

Fig. 363. Mainroom heating profile

- Dormitorio.

BEDROOM			
For: Weekdays SummerDesignDay,	For: Weekends,	For: Holidays,	For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 07:00, 1,	Until: 07:00, 1,	Until: 07:00, 1,	Until: 24:00, 0;
Until: 08:00, 0.5,	Until: 08:00, 0.5,	Until: 08:00, 0.5,	
Until: 09:00, 0.25,	Until: 09:00, 0.25,	Until: 09:00, 0.25,	
Until: 22:00, 0,	Until: 22:00, 0,	Until: 22:00, 0,	
Until: 23:00, 0.25,	Until: 23:00, 0.25,	Until: 23:00, 0.25,	
Until: 24:00, 0.75,	Until: 24:00, 0.75,	Until: 24:00, 0.75,	

- Oficina

OFFICE			
For: Weekdays SummerDesignDay,	For: Weekends,	For: Holidays,	For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 07:00, 0,	Until: 07:00, 0,	Until: 07:00, 0,	Until: 24:00, 0;
Until: 08:00, 0.25,	Until: 08:00, 0.25,	Until: 08:00, 0.25,	
Until: 09:00, 0.5,	Until: 09:00, 0.5,	Until: 09:00, 0.5,	
Until: 12:00, 1,	Until: 12:00, 1,	Until: 12:00, 1,	
Until: 14:00, 0.75,	Until: 14:00, 0.75,	Until: 14:00, 0.75,	
Until: 17:00, 1,	Until: 17:00, 1,	Until: 17:00, 1,	
Until: 18:00, 0.5,	Until: 18:00, 0.5,	Until: 18:00, 0.5,	
Until: 19:00, 0.25,	Until: 19:00, 0.25,	Until: 19:00, 0.25,	
Until: 24:00, 0,	Until: 24:00, 0,	Until: 24:00, 0,	

Fig. 365. Office heating profile

- Baño/Aseo

BATHROOM			
For: Weekdays SummerDesignDay,	For: Weekends,	For: Holidays,	For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 07:00, 0,	Until: 07:00, 0,	Until: 07:00, 0,	Until: 24:00, 0;
Until: 10:00, 1,	Until: 10:00, 1,	Until: 10:00, 1,	
Until: 19:00, 0,	Until: 19:00, 0,	Until: 19:00, 0,	
Until: 23:00, 0.2,	Until: 23:00, 0.2,	Until: 23:00, 0.2,	
Until: 24:00, 0,	Until: 24:00, 0,	Until: 24:00, 0,	

Fig. 366. Bathroom/toilet heating profile

- Despensa

PANTRY			
For: Weekdays SummerDesignDay,	For: Weekends,	For: Holidays,	For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 08:00, 0,	Until: 24:00, 0,	Until: 24:00, 0,	Until: 24:00, 0,
Until: 18:00, 0.1,			
Until: 24:00, 0,			

- Almacén/granero.

STORE			
For: Weekdays SummerDesignDay,	For: Weekends,	For: Holidays,	For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 24:00, 0;	Until: 24:00, 0;	Until: 24:00, 0;	Until: 24:00, 0;

13.6. CÁLCULO DE CONDENSACIONES

13.6. CONDENSATIONS CALCULATIONS

13.6.1. Informe de invierno con datos climáticos de Bilbao.

Descripción del cerramiento: Cerramiento 8 Muro de Mampostería

i	Descripción de la capa	espesor [m]	K [W/mK]	R [m²K/W]	μ [-]	S [m]
0	Caliza blanda [1600 < d < 1790]	0.150	1.100	0.136	25	3.750
1	Caliza blanda [1600 < d < 1790]	0.300	1.100	0.273	25	7.500
2	Caliza blanda [1600 < d < 1790]	0.150	1.100	0.136	25	3.750
Totales capas:		0.600		0.715		15.000
Resistencia superficial exterior - Rse:				0.040		
Resistencia superficial interior - Rsi:				0.130		
Totales cerramiento:				0.715		

Transmitancia térmica total: $U = 1.398 \text{ [W/m²K]}$

Fig. 369. Materials' characteristics

Transmitancia térmica total: $U = 1.398 \text{ [W/m²K]}$

- Gráficas de presión, temperatura y presión de saturación

Condiciones de cálculo seleccionadas

Ambiente exterior (gráficas): Bilbao [Enero]

T: 8.9 °C, HR: 73.0 %

Ambiente interior (gráficas): Predefinido

T: 4.6 °C, HR: 86.7 %

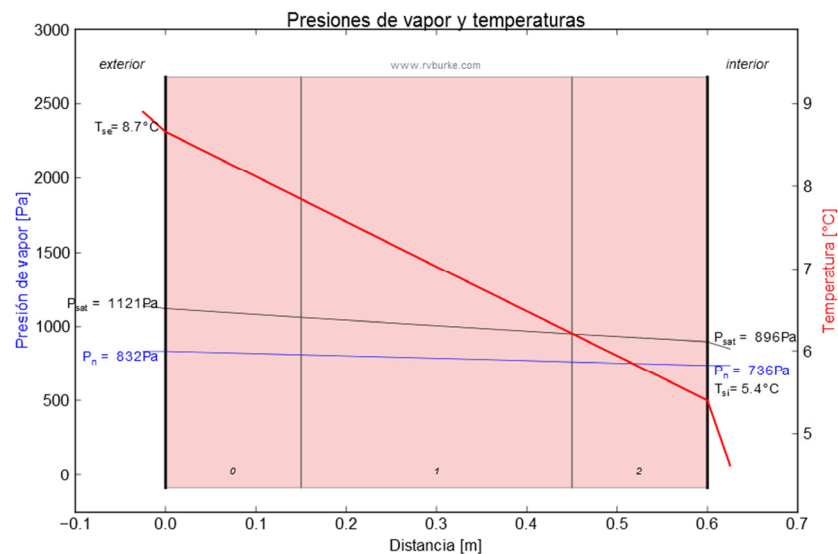


Fig. 370. Pressure of vapour and temperatures

- Comportamiento higrotérmico y cumplimiento del CTE.

Condiciones de cálculo para la comprobación de condensaciones superficiales.

Exterior - T: 8.9 °C, HR: 73.0 %

Interior - T: 20.0 °C, HR: 86.7 %

Condiciones de cálculo para la comprobación de condensaciones intersticiales

Exterior - T [°C]: 8.9, 9.6, 10.4, 11.8, 14.6, 17.4, 19.7, 19.8, 18.8, 16.0, 11.8, 9.5, HR [%]: 73.0, 70.0, 70.0, 72.0, 71.0, 72.0, 73.0, 75.0, 74.0, 74.0, 74.0

Interior - T: 20.0 °C, HR: 86.7 %

Factores de resistencia superficial

$f_{Rsi} = 0.65$

$f_{Rsimin} = -2.90$

Existencia de condensaciones

¿Existen condensaciones superficiales?: No

¿Existen condensaciones intersticiales?: No

Informe generado por Condensa el 05/10/2015 - 10:13:40

‘Condensa’ es software libre que se distribuye bajo licencia GPLv2 o posterior.

Copyright (c) 2009-2010 Rafael Villar Burke

13.6.2. Informe de invierno con datos de la monitorización.

- Descripción del cerramiento: Cerramiento 8 Muro de Mampostería

Muro de Mampostería

i	Descripción de la capa	espesor [m]	K [W/mK]	R [m²K/W]	μ [-]	S [m]
0	Caliza blanda [1600 < d < 1790]	0.150	1.100	0.136	25	3.750
1	Caliza blanda [1600 < d < 1790]	0.300	1.100	0.273	25	7.500
2	Caliza blanda [1600 < d < 1790]	0.150	1.100	0.136	25	3.750
Totales capas:		0.600		0.715		15.000
Resistencia superficial exterior - Rse:				0.040		
Resistencia superficial interior - Rsi:				0.130		
Totales cerramiento:				0.715		

Transmitancia térmica total: $U = 1.398 \text{ [W/m²K]}$

Transmitancia térmica total: $U = 1.398 \text{ [W/m²K]}$

Condiciones de cálculo seleccionadas
Ambiente exterior (gráficas): Bilbao [Enero]
T: 8.9 °C, HR: 73.0 %
Ambiente interior (gráficas): Predefinido
T: 4.6 °C, HR: 86.7 %

- Gráficas de presión, temperatura y presión de saturación

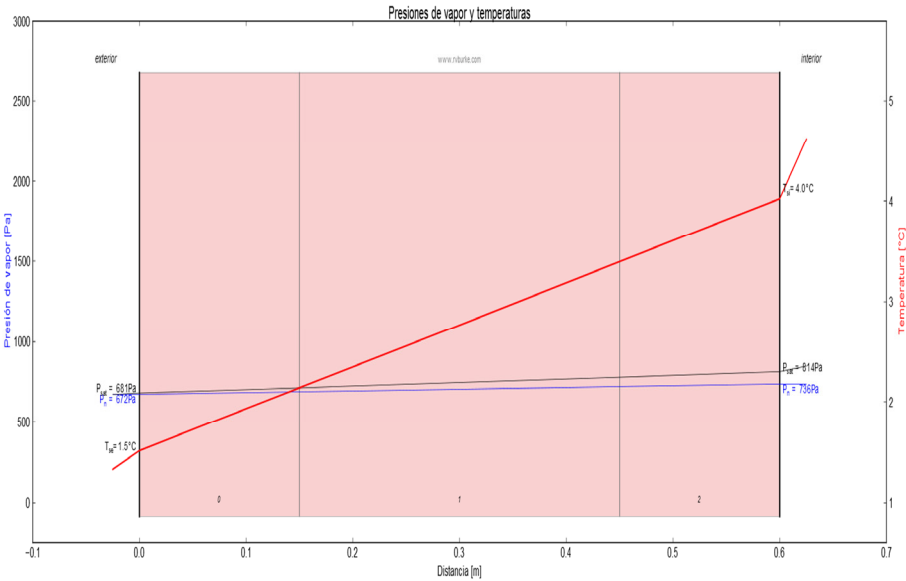


Fig. 372. Pressure of vapour and temperatures

- Comportamiento higrotérmico y cumplimiento del CTE.

Condiciones de cálculo para la comprobación de condensaciones superficiales

Exterior - T: 1.3 °C, HR: 100.0 %

Interior - T: 20.0 °C, HR: 86.7 %

Condiciones de cálculo para la comprobación de condensaciones intersticiales

Exterior - T [°C]: 1.3, HR [%]: 100.0

Interior - T: 20.0 °C, HR: 86.7 %

Factores de resistencia superficial

$f_{Rsi} = 0.65$

$f_{Rsimin} = 6.07$

Existencia de condensaciones

¿Existen condensaciones superficiales?: Sí

¿Existen condensaciones intersticiales?: No

Informe generado por Condensa el 05/10/2015 - 10:19:29

‘Condensa’ es software libre que se distribuye bajo licencia GPLv2 o posterior.

Copyright (c) 2009-2010 Rafael Villar Burke

13.6.3. Informe de verano con datos climáticos.

- Descripción del cerramiento: Cerramiento 8 Muro de Mampostería

i	Descripción de la capa	espesor [m]	K [W/mK]	R [m²K/W]	μ [-]	S [m]
0	Caliza blanda [1600 < d < 1790]	0.150	1.100	0.136	25	3.750
1	Caliza blanda [1600 < d < 1790]	0.300	1.100	0.273	25	7.500
2	Caliza blanda [1600 < d < 1790]	0.150	1.100	0.136	25	3.750
Totales capas:		0.600		0.715		15.000
Resistencia superficial exterior - Rse:				0.040		
Resistencia superficial interior - Rsi:				0.130		
Totales cerramiento:				0.715		

Transmitancia térmica total: $U = 1.398 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

- Gráficas de presión, temperatura y presión de saturación
- Comportamiento higrotérmico y cumplimiento del CTE.

Condiciones de cálculo seleccionadas

Ambiente exterior (gráficas): Bilbao [Septiembre]

T: 18.8 °C, HR: 74.0 %

Ambiente interior (gráficas): Predefinido

T: 22.9 °C, HR: 64.8 %

Condiciones de cálculo para la comprobación de condensaciones superficiales

Exterior - T: 8.9 °C, HR: 73.0 %

Interior - T: 20.0 °C, HR: 64.8 %

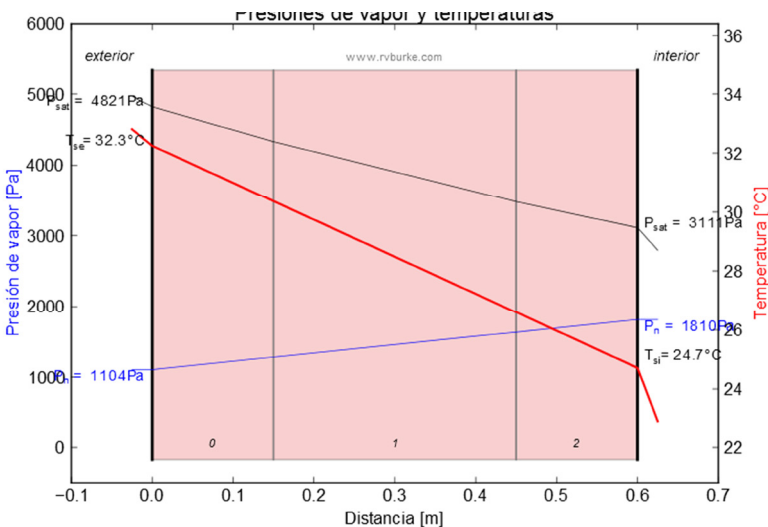


Fig. 374. Pressure of vapour and temperatures

Condiciones de cálculo para la comprobación de condensaciones intersticiales

Exterior - T [°C]: 8.9, 9.6, 10.4, 11.8, 14.6, 17.4, 19.7, 19.8, 18.8, 16.0, 11.8, 9.5, HR [%]: 73.0, 70.0, 70.0, 72.0, 71.0, 72.0, 73.0, 75.0, 74.0, 74.0, 74.0, 74.0

Interior - T: 20.0 °C, HR: 64.8 %

Factores de resistencia superficial

$f_{Rsi} = 0.65$

$f_{Rsimin} = 0.55$

Existencia de condensaciones

¿Existen condensaciones superficiales?: No

¿Existen condensaciones intersticiales?: No

Informe generado por Condensa el 05/10/2015 - 10:25:15

‘Condensa’ es software libre que se distribuye bajo licencia GPLv2 o posterior.

Copyright (c) 2009-2010 Rafael Villar Burke

13.6.4. Informe de verano con datos de la monitorización.

- Descripción del cerramiento: Cerramiento 8 Muro de Mampostería

i	Descripción de la capa	espesor [m]	K [W/mK]	R [m²K/W]	μ [-]	S [m]
0	Caliza blanda [1600 < d < 1790]	0.150	1.100	0.136	25	3.750
1	Caliza blanda [1600 < d < 1790]	0.300	1.100	0.273	25	7.500
2	Caliza blanda [1600 < d < 1790]	0.150	1.100	0.136	25	3.750
Totales capas:		0.600		0.715		15.000
Resistencia superficial exterior - Rse:				0.040		
Resistencia superficial interior - Rsi:				0.130		
Totales cerramiento:				0.715		

Transmitancia térmica total: $U = 1.398 \text{ [W/m²K]}$

Transmitancia térmica total: $U = 1.398 \text{ [W/m²K]}$

Condiciones de cálculo seleccionadas

Ambiente exterior (gráficas): Bilbao [Septiembre]

T: 18.8 °C, HR: 74.0 %

Ambiente interior (gráficas): Predefinido

T: 22.9 °C, HR: 64.8 %

- Gráficas de presión, temperatura y presión de saturación

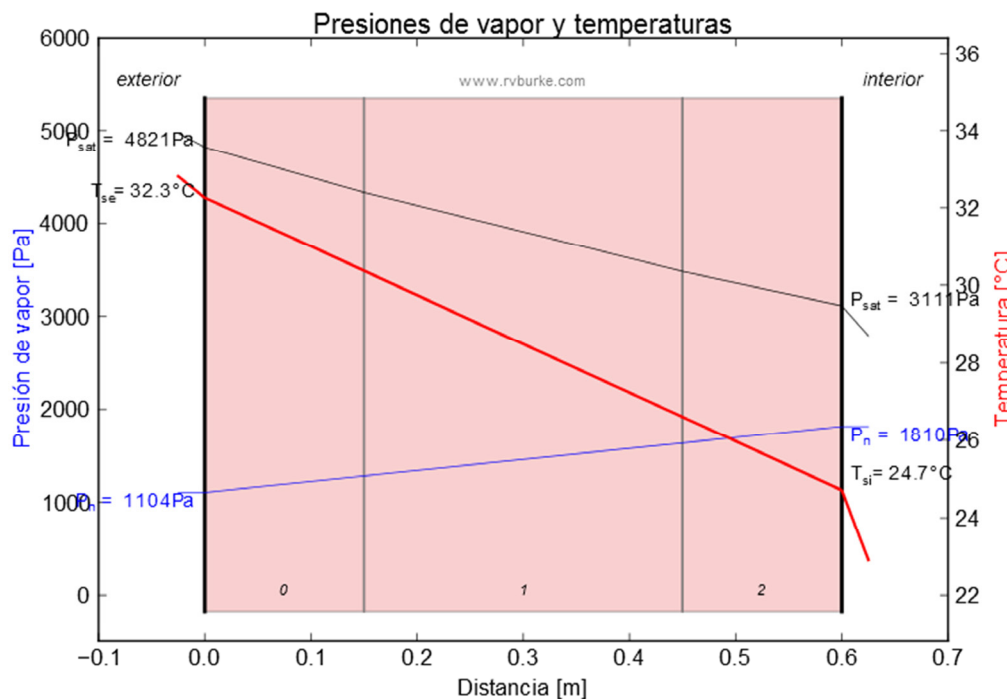


Fig. 376. Pressure of vapour and temperatures

- Comportamiento higrotérmico y cumplimiento del CTE

Condiciones de cálculo para la comprobación de condensaciones superficiales

Exterior - T: 32.8 °C, HR: 22.2 %

Interior - T: 20.0 °C, HR: 64.8 %

Condiciones de cálculo para la comprobación de condensaciones intersticiales

Exterior - T [°C]: 32.8, HR [%]: 22.2

Interior - T: 20.0 °C, HR: 64.8 %

Factores de resistencia superficial

$f_{Rsi} = 0.65$

$f_{Rsimin} = 1.63$

Existencia de condensaciones

¿Existen condensaciones superficiales?: Sí

¿Existen condensaciones intersticiales?: No

Informe generado por Condensa el 05/10/2015 - 10:26:50

‘Condensa’ es software libre que se distribuye bajo licencia GPLv2 o posterior.

Copyright (c) 2009-2010 Rafael Villar Burke

13.7. RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN	13.7. EXPERIMENTATION RESULTS
13.7.1. AGROTURISMO	13.7.1. AGRITOURISM
13.7.2. CASA RURAL	13.7.2. RURAL HOUSE
13.7.3. RESTAURANTE	13.7.3. RESTAURANT
13.7.4. EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA	13.7.4. AGRICULTURE EXPLOITATION
13.7.5. ESCENARIO TRADICIONAL	13.7.5. TRADITIONAL USE
13.7.6. USO RESIDENCIAL	13.7.6. RESIDENTIAL USE
13.7.7. ESCUELA DE AGRICULTURA	13.7.7. AGRICULTURE SCHOOL
13.7.8. MUSEO	13.7.8. MUSEUM

13. APPENDIX	12. BIBLIOGRAPHY	11. CONCLUSIONS	10. GUIDELINES	9. HERITAGE SENSITIVITY	8. STRATEGIES' EFFICIENCY	7. ROLE OF THE USE	6. DIAGNOSIS	5. METHODOLOGY	4. KEYS	3. BASERRI	2. STRUCTURE	1. PREFACE
--------------	------------------	-----------------	----------------	-------------------------	---------------------------	--------------------	--------------	----------------	---------	------------	--------------	------------